

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Сеник Ю. І.

**ПІДВИЩЕННЯ
КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ
МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ
ПІДПРИЄМСТВ РЕГІОНУ:
ТЕОРІЯ і ПРАКТИКА**

Монографія

**Тернопіль
ЗУНУ
2022**

УДК 338.3

Е 40

Рецензенти:

Яців І. Б., проректор з наукової роботи, д.е.н., в.о. професора Львівського національного аграрного університету

Ужва А. М., доктор економічних наук, доцент, професор кафедри обліку і аудиту Чорноморського національного університету імені Петра Могили

Данько Ю. І., проректор з наукової та міжнародної діяльності, доктор економічних наук, професор Сумського національного аграрного університету

Е 40 Сенік Ю. І. Підвищення конкурентоздатності молокопереробних підприємств регіону: теорія і практика : моногр. Тернопіль: ЗУНУ, 2022. 474 с.

ISBN 978-966-654-689-3

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Західноукраїнського національного університету
(протокол № 9 від 15 червня 2022 року)*

В умовах трансформації ринкових відносин змінюються і теорії, що визначають підходи для забезпечення конкурентоспроможності підприємств на національному та світовому ринку. З огляду на те, що компанії все більше зміщують акцент в сторону екстенсивного розвитку, який передбачає збільшення ефективності роботи без змін у штаті працівників та розширення виробничих площ, все нагальніше постає питання аналізу закордонних практик та, що найголовніше, їх адаптація до виробничих потужностей українських компаній.

У зв'язку з цим виникає потреба у висвітленні у монографії не лише теоретичних аспектів світових практик, а й практичних підходів до їх реалізації. У монографії проведено огляд важливих напрямків оптимізації виробничого процесу, а саме: впровадження системи ощадливого виробництва (Lean) та оптимізації логістичного процесу підприємства. Розглянуто оптимізацію контролю якості і безпечності молочної сировини і готового продукту через впровадження системи HACCP та елементів ISO 17025:2019 у роботу лабораторії, а також показано використання у рутинній лабораторній практиці окремих елементів статистики і кваліметрії. Окремо здійснено акцент на роботу підрозділу HR і їхньої ролі в підвищенні конкурентоздатності підприємства.

Для викладачів та студентів навчальних закладів технічного та економічного спрямування, а також для спеціалістів які вже працюють в молокопереробній галузі економіки та потребують актуальних розробок оптимізації виробничого процесу.

ISBN 978-966-654-689-3

УДК 338.3

© Сенік Ю. І., 2022
© ЗУНУ, 2022.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I. ОЩАДЛИВЕ ВИРОБНИЦТВО (LEAN), ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1. Загальні аспекти ощадливого виробництва та підготовка підприємства до впровадження Lean	7
1.2. Впровадження системи Lean	36
1.3. Міжнародний досвід впровадження концепції ощадливого виробництва.....	94
Висновки до розділу 1	98
РОЗДІЛ II. ПЕРСОНАЛ ПІДПРИЄМСТВА – ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	107
2.1. Загальні поняття та елементи корпоративної культури	108
2.2. Аналіз стану корпоративної культури в компанії та впровадження заходів для її покращення.....	146
2.3. Роль департаменту HR у підвищенні конкуренто- здатності підприємства.....	160
Висновки до розділу 2	200
РОЗДІЛ III. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	209
3.1. Елементи статистичного аналізу результатів лабораторних досліджень.....	210
3.2. Статистична інтерференція, валідація та калібрування.....	225
3.3. Принципи кваліметрії	243
Висновки до розділу 3	286
РОЗДІЛ IV. ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ	291
4.1. Аналіз логістики щоденного транспортування через призму загальної концепції транспорту	291
4.2. Оптимізація логістики транспортування продукції та сировини.....	313

4.3. Сучасні тренди розвитку логістики.....	353
Висновки до розділу 4	372
РОЗДІЛ V. СИСТЕМА НАССР	385
5.1. Загальні основи системи НАССР.....	385
5.2. Впровадження системи НАССР	419
5.3. Впровадження принципів ISO 17025:2019 у роботу лабораторії.....	441
Висновки до розділу 5	470

ВСТУП

На тлі глобальних змін – світової пандемії COVID 19 та війни - дедалі жорсткішою стає конкуренція на ринку молочної продукції в Україні, з іншого боку, багато підприємств нашої країни для забезпечення прибутку шукають споживачів на світовому ринку, що змушує виробників відповідати вимогам клієнта та бути ефективним. Випуск високоякісної продукції є нагальною проблемою нашої держави, вирішення якої забезпечить підвищення економічної і соціальної ефективності суспільного розвитку. На сьогоднішній день рівень якості продукції виступає «індикатором» розвитку будь-якої країни в світовому співтоваристві і є невід'ємною характеристикою при експорті товарів на міжнародний ринок в умовах гострої конкурентної боротьби. Стабільно висока якість продукції та її безпечність забезпечить розширення експортних можливостей на світовому ринку товарів.

На сьогоднішній день одними з найбільш прогресивніших і технологічних у переробці продукції тваринного походження вважається молочна галузь. Це пов'язано із необхідністю зменшення втрат під час технологічних процесів, екологічною відповідальністю компанії, що передбачає сумлінну утилізацію техвідходів, випуск безпечної та якісної продукції, що повинно бути пріоритетним завданням для молокопереробним підприємств, та бажанням компаній забезпечити безвідходне виробництво.

Незважаючи на те, що лівова частка вирішення перших трьох завдань лежить на переробному підприємстві, не менш важливим є якість молочної сировини, яку прийняв цей завод. З точки зору технології виготовлення якісних і безпечних кисломолочних продуктів з мінімальними втратами відповідно до технологічних параметрів, це можливо лише з використанням молочної сировини найкращої якості.

Для успішності на світовому ринку вітчизняні молокопереробні підприємства повинні бути орієнтовані на випуск високоякісної і безпечної продукції при мінімальних затратах на її виробництво, що забезпечить їх максимальну конкурентоспроможність. Окрім вибору оптимальної сировини, розхідних матеріалів, пакувальних матеріалів, комплектуючих, тощо необхідно оптимізувати процеси, які не приносять прибутку підприємству. Особливо гостро це питання постало на сучасному етапі розвитку

молочного ринку України, на якому спостерігається збереження тенденції до зворотної залежності між кількістю високоякісної молочної сировини та ціною на неї.

Монографія є органічним поєднанням теоретичних даних і практичних авторських розробок, підготовлених на основі емпіричного досвіду та світової практики. Наукова праця представляє аналіз шляхів успішного поступу різних компаній, а також містить результати адаптації різних аспектів інноваційних інструментів для підвищення конкурентоздатності молокопереробних підприємств України.

У першому розділі представлений всесвітньовідомий підхід підвищення ефективності підприємств різного напрямку – ощадливе виробництво. Другий розділ представлений аналізом поняття «корпоративна культура» і HR, а також адаптацією окремих практик мотиваційного напрямку (KPI) для працівників молокопереробних підприємств. Третій розділ присвячений аналізу загальноприйнятої системи контролю якості та безпечності продукції – HACCP. Окрім цього, у цій частині наукової праці представлені основні аспекти впровадження принципів ISO 17025:2019 у виробничій лабораторії молокопереробних підприємств. У четвертому розділі описано основи статистичного аналізу результатів лабораторного контролю молочної сировини або готової продукції. У останньому розділі представлено аналіз організації логістичних процесів на молокопереробному підприємстві для підвищення ефективності цього аспекту роботи підприємства.

РОЗДІЛ І.

ОЩАДЛИВЕ ВИРОБНИЦТВО (LEAN), ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Загальні аспекти ощадливого виробництва та підготовка підприємства до впровадження Lean.

Для успішності на світовому ринку вітчизняні молокопереробні підприємства повинні бути орієнтовані на випуск високоякісної і безпечної продукції при мінімальних затратах на її виробництво, що забезпечить їх максимальну конкурентоспроможність. Окрім вибору оптимальної сировини, розхідних матеріалів, пакувальних матеріалів, комплектуючих, тощо необхідно оптимізувати процеси, які не приносять прибутку підприємству. Особливо гостро це питання постало на сучасному етапі розвитку молочного ринку України, на якому спостерігається збереження тенденції до зворотної залежності між кількістю високоякісної молочної сировини та ціною на неї.

Одним з найвідоміших та найуспішніших методів зниження виробничих втрат є впровадження на підприємстві принципів «ощадливого виробництва» [25]. Lean management слід розглядати як ефективний інструмент організації виробництва, основним принципом реалізації якого є усунення виробничих втрат, тоді як головними завданнями є: виявлення втрат, визначення шляхів їх усунення, вибір і застосування технічних, організаційних, економічних методів і засобів зниження або повної ліквідації втрат [17].

Історично склалася практика впровадження Lean production на машинобудівних підприємствах [26, 27], хоча оптимізація ви-

робництва необхідна і в інших секторах економіки країни. Особливо гостро питання підвищення конкурентоздатності стоїть перед молокопереробними підприємствами України, що зумовлено початком експансії внутрішнього ринку закордонними молочними продуктами.

Ощадливе виробництво (від англ. leanproduction) включає в себе ряд особливостей:

1. організацію виробничого процесу з мінімально можливими витратами всіх ресурсів і максимальним «виходом» продукції;

2. забезпечення, на встановленому підприємством рівні, якості та безпечності готового продукту, особливо цей аспект важливий для підприємств харчової промисловості;

3. моніторинг інноваційних підходів підприємств до виготовлення продукції на світовому ринку та впровадження цих технологій у власний технологічний процес, що дозволить використовувати альтернативні ресурси, які, зазвичай є дешевшими через низький на них попит, та, відповідно, скоротити використання дорожчих – традиційних. Таким чином підприємство, окрім екстенсивного шляху розвитку знизить свої витрати при виробництві однієї одиниці товару, що забезпечить їх конкурентоздатність на ринку;

4. зниження всіх видів втрат передбачає зменшення не лише технологічних відходів, а й часу простою виробничого обладнання, що зумовлює втрату ресурсів та нарахування заробітної плати працівникам;

5. грамотний аналіз не тільки мікросередовища – окремої виробничої дільниці чи відділу, але й макросередовища організації – всього підприємства загалом, адже лише такий підхід дозволить забезпечити ефективну роботу компанії загалом.

Вказані вище особливості Lean production дозволяють вирішити багато актуальних проблем будь-якого виробництва, допоможе не лише забезпечити роботу підприємства в умовах світової кризи, а й підвищити конкурентоздатності. Такий поступ організації після впровадження ощадливого виробництва пояснюється його комплексним підходом як до виробничих процесів, так і до змін менталітету та способу мислення працівників. Виходячи з цього, можна сформулювати основні принципи ощадливого виробництва, які враховують інтереси як виробників, так і споживачів:

1) забезпечення відповідного рівня якості та безпечності готового продукту, який диктує його споживач, і забезпечення прий-

нятної ціни для ефективного збуту та підтримки екологічної складової виробництва;

2) використання у виробництві нових технологічних прийомів, спрямованих на зниження витрат ресурсів, підвищення продуктивності праці, формування «грамотної» організації праці;

3) зниження виробничих втрат до мінімуму;

4) залучення всього колективу підприємства до реалізації елементів leanproduction;

5) аналіз досвіду провідних компаній щодо впровадження концепції бережливого виробництва, їх адаптація до рівня власної компанії та реалізація розробленого плану змін.

Щодо історії виникнення концепції ощадливого виробництва, то вважається, що вона виникла в Японії після Другої світової війни в компанії «Тойота», а її автором був керівник підприємства - Тайіті Оно. Ним було розроблено основні методи організації виробництва, які впродовж років вдосконалювалися і носять назву «канбан», «кайдзен», «5-s», «точно в строк» та інші. Великий внесок у формування цієї концепції вніс американський економіст Е. Демінг (якого називають «революціонером капіталізму»), який працював після другої світової війни в Японії і отримав орден від японського імператора за внесок у відродження японської промисловості. Саме він в 50-тих роках минулого століття читав в Японії курс лекції «Елементарні принципи статистичного контролю якості» провідним менеджерам країни, що забезпечило значний економічний розвиток цієї країни у повоєнний період. Окрім цього, завдяки працям Е. Демінга менеджери декількох японських корпорацій розробили кілька підходів до розуміння терміну «якість» [18]:

- відсутність будь-яких дефектів в продукції
- сукупність методів управління компанією, що дозволяє їй виробляти конкурентоспроможну продукцію
- відповідність продукції очікуванням споживачів за різними характеристиками.

Ощадливе виробництво має не тільки економічну, а й соціальну основу – посилення інтересу організацій та населення загалом до проблем економії всіх ресурсів. Такі зміни приведуть до підвищення ефективності використання наявних ресурсів, знизять їх розхід на одиницю виготовленої продукції, що, в кінцевому рахунку, забезпечить покращення екологічного стану навколишнього середовища загалом.

Тим не менш, концепцію ощадливого виробництва найчастіше застосовують як ефективний інструмент організації виробництва, основним завданням якого є зменшити або взагалі усунути виробничі втрати підприємства. Виробничі втрати – це витрати ресурсів, що виникають в ході виробничого процесу, окрім тих ресурсів, які використовуються безпосередньо при виконанні операцій, що забезпечують проходження технологічного процесу та, відповідно, виготовлення якісного та безпечного продукту. Таким чином, пріоритетним завданням цієї управлінської концепції є: виявлення втрат, визначення шляхів їх усунення, вибір і застосування технічних, організаційних, економічних методів і засобів зниження або повної ліквідації втрат [28].

На сьогоднішній день виділяють ряд виробничих втрат [25, 110]:

1. втрата часу, до цього типу «муда» відносяться:
 - простої працівників виробничих дільниць;
 - непродуктивні витрати робочого часу персоналу підприємства;
 - витрати робочого часу працівників підприємства під час виконання застарілих технологічних операцій для випуску кінцевого продукту;
 - зайві переміщення робітників по виробничій дільниці для виконання технологічних чи технічних операцій;
 - пов'язані з неякісною організацією робочого місця або недоліками в організації виробництва.
2. неефективне використання виробничих потужностей:
 - простої устаткування, обумовлені його нагальним ремонтом через поломку;
 - простої устаткування через відсутність виробничого планування або неякісне його виконання працівниками виробництва;
 - перерви в роботі устаткування, обумовлені його налагодженням або переналагодженням;
 - невідповідність між розрахунковою і фактичною продуктивністю обладнання.
3. втрати від виробництва неякісної продукції:
 - виготовлення продукції з браком чи дефектами;
 - витрати підприємства на усунення дефектів у неякісній продукції;
 - брак, що виникає при застосуванні не якісних матеріалів.

4. запаси, як вид втрат:

- надмірні запаси матеріалів, пакувальних матеріалів та готової продукції;
- проміжне зберігання деталей і виробів між виробничими операціями;
- зберігання напівфабрикатів в проміжних складах між технологічними ділянками чи виробничими дільницями.

5. інші види втрат:

- виробництво продукції понад планових завдань;
- виготовлення продукції до того, як вона знадобиться споживачеві;
- надлишкова обробка деталей;
- зайві переміщення при виробництві готової продукції;

У той же час у західній інтерпретації ощадливого виробництва виділяють сім основних втрат [76], які носять більш конкретизований характер, порівняно з вказаним вище переліком «муда»:

- перевиробництво;
- очікування;
- транспортування;
- брак;
- зайві запаси;
- зайві рухи;
- не розкриття потенціалу власних працівників.

Аналіз передових концепцій впровадження ощадливого виробництва на підприємствах іноземних компаній як ближнього [61, 87], так і дальнього зарубіжжя [48, 89, 137] дозволив виділити ряд основних ознак успішної реалізації цієї концепції:

1. Дискретність процесу впровадження ощадливого виробництва – розроблений загальний план імплементації LEAN розбивається на ряд окремих завдань, виконання яких дозволить запрацювати всій системі загалом. Також необхідно зазначити, що до реалізації наступного завдання необхідно переходити лише після повного впровадження попереднього, бо без дотримання цього принципу не можливо досягнути системної роботи концепції.

2. Конгруентність внутрішніх завдань і цілей компанії з вимогами споживачів до продукції на ринку. У разі виконання цієї умови компанія отримує максимальну вигоду в результаті не лише зменшення втрат та випуску продукції з відповідною якістю з нижчою собівартістю, а й збільшення його реалізації внаслідок наявного попиту покупців.

3. Науковий підхід під час прийняття організаційних рішень передбачає необхідність вибору найкращого загального варіанту програми впровадження концепції ощадливого виробництва та окремих завдань у процесі її реалізації ґрунтуючись на кількісних і якісних показниках. Таким чином, для виконання такого теоретичного аналізу повинні бути залучені як експерти технічного і технологічного спрямування, так і економісти, які конвертують запропоновані зміни у фінансові витрати, що забезпечить максимально об'єктив вибір стратегії розвитку для керівництва компанії.

4. Залучення працівників компанії до реалізації розроблених рішень. Так як працівники на своїх робочих місцях найефективніше здатні реалізувати розроблені завдання, основним завданням керівництва компанії є розробка та впровадження спеціалізованих організаційних структур та визначення конкретних форм і методів участі працівників в прийнятті рішень.

Так, ряд авторів [3, 10, 13] розділяють процес реалізації концепції ощадливого виробництва на чотири етапів (рис. 1.1).

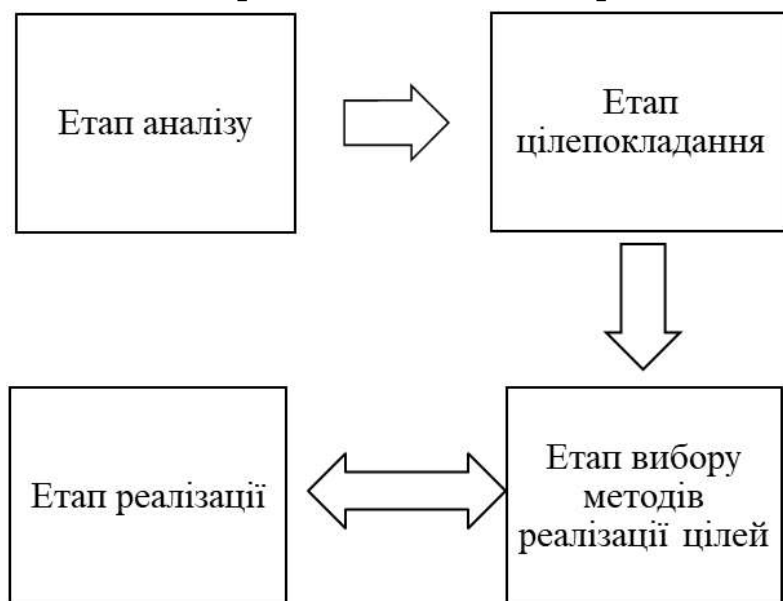


Рис. 1.1. Чотири етапи реалізації ощадливого виробництва

Джерело: розроблено автором

На першому етапі – «етапі аналізу» відбувається моніторинг ресурсного потенціалу підприємства і зовнішнього ділового середовища, відбувається перевірка внутрішнього та світового ринку, трендів виготовлення і реалізації готової продукції.

«Етап цілепокладання» передбачає формування місії, цілей і основних принципів виробничої системи ощадливого виробництва.

На «етапі вибору методів реалізації цілей» відбувається формування базової стратегії реалізації технологій бережливого виробництва, у той же час принцип ієрархічності побудови стратегічного плану передбачає паралельну підготовку стратегії розвитку виробничої системи кожного великого структурного підрозділу підприємства. При цьому функціональні підрозділи конкретизують базову стратегію за характеристиками «ресурси/можливості» і розробляють відповідні функціональні стратегії.

На останньому етапі реалізації ощадливого виробництва реалізуються конкретні дії для впровадження програми ощадливого виробництва, при цьому, не менш важливим залишається контроль і оцінка ефективності здійснених кроків, адже якщо ефективність реалізації розробленої програми висока, то здійснюються подальші конкретні дії відповідно до обраної концепції. В іншому випадку виникає необхідність в уточненні базової стратегії та переформатування програми впровадження концепції LEAN загалом [29].

Аналіз західноєвропейських та американських практик впровадження ощадливого виробництва показав, що реалізація цієї концепції на практиці у більшості підприємств проходила з дотриманням п'яти таких принципів [127, 143]:

- встановлення цінності з точки зору клієнта;
- ідентифікація всіх видів робіт по створенню продукту, які створюють цінність (картування потоку);
- створення потоку цінності з мінімізацією втрат;
- забезпечити виробництво продукту відповідно до замовлення клієнтів;
- постійно оптимізувати виробництво та зменшувати втрати у ході технологічного процесу.

У зв'язку зі все більшою підтримкою екологічних ініціатив різними світовими компаніями, посилилася роль концепції «стійкого розвитку» – розробка інноваційних технологічних підходів та зміни парадигми в менеджменті виробництва з виключно «економічного аспекту» на ряд інших – збереження навколишнього середовища, активна участь компаній у розвитку суспільства загалом та зменшення використання «зайвих» ресурсів [47]. Для реалізації основних принципів стійкого розвитку компанії повинні керувати ризиками, пов'язаними з якістю готової продукції, екологічними відходами, технікою безпеки власних працівників та суспільною відповідальністю компанії [133]. Таким чином, компанії впровад-

жують у себе системи управління якістю, управління навколишнім середовищем та охороною праці, що забезпечує не лише економічний зиск компанії, а й дозволяє покращити ставлення до неї соціуму.

Для впровадження ощадливого виробництва з принципами стійкого розвитку компанії авторами [114] була розроблена структура інтегрування LEAN у виробничі процеси та емпірично доведена її функціональність. Модель авторів складається з п'яти етапів та п'ятнадцяти кроків для їх реалізації (рис. 1.2).



Рис. 1.2. П'ять етапів впровадження ощадливого виробництва

Джерело: розроблено автором

Етап 1. Планування та підготовка.

На цьому етапі реалізуються підготовчі роботи до впровадження концепції ощадливого виробництва на підприємстві. Пріоритетним завданням є комунікація з персоналом для їх підготовки до майбутніх змін та формування необхідної інформаційної бази, яка забезпечить повноцінне розуміння працівниками компанії принципів Lean production, позитивних змін у виробничих процесах при його застосуванні та їхню роль в успішному впровадженні цієї концепції.

З огляду на вказані вище факти важливим моментом на цьому етапі є підтримка вищого керівництва [94], яка дозволить ефективно та оперативно виконати необхідні завдання по підготовці LEAN. Окрім цього, участь представників топменеджменту компанії забезпечить додаткову мотивацію для усіх інших працівників цієї компанії [46]. Результатами цього етапу повинні бути сформовані цілі впровадження ощадливого виробництва, підго-

товленні згідно принципів SMART. Тобто повинні володіти такими характеристиками:

- цілі повинні бути чітко окресленні, тобто жодних абстрактних характеристик чи узагальнюючих лексем, лапідарно сформульоване твердження;

- поступ сформульованої цілі може бути вимірний у будь-який момент часу, що забезпечує ефективний моніторинг для керівництва;

- встановлено конкретного виконавця робіт, які забезпечать досягнення вказаної цілі. Такий підхід забезпечить максимально ефективне виконання робіт, через наявність індивідуальної відповідальності виконавця за результативність;

- встановлені цілі обов'язково повинні бути реалістичними, тобто виконавець зможе їх досягнути, бо в іншому випадку така ситуація зумовить демотивацію працівників та, відповідно, знизить ефективність їхньої роботи;

- останнім компонентом, який однозначно забезпечить ефективність робіт, є термін досягнення поставленої цілі, так званий «дедлайн», який забезпечує ефективне планування і реалізацію проведених робіт.

Першим кроком на цьому етапі є залучення вищого керівництва для розробки плану впровадження ощадливого виробництва на підприємстві. Як зазначалося вище, керівництво компанії відповідальне за розробку стратегії розвитку компанії [54] та, відповідно, найкраще розуміє роль LEAN у цьому процесі [103]. Окрім цього, саме вони управляють фінансовими та людськими ресурсами для впровадження цієї концепції, а тому без їхньої участі жодних стратегічних рішень прийнято не буде [83]. Залучення вищого керівництва до засідань щодо впровадження ощадливого виробництва, окрім, як зазначалося вище, забезпечення підвищення мотивації працівників, вказує на серйозність цього питання та підштовхує працівників до відповідального ставлення до поставлених завдань [54]. Таким чином, вище керівництво бере на себе відповідальність за результативність реалізації цього етапу, який є першим, а отже, одним з визначальних щодо впровадження всієї концепції ощадливого виробництва загалом.

Також вище керівництво зобов'язане надати необхідні ресурси для реалізації прийнятих рішень [131] та, відповідно, повинно отримувати звіт про їх використання, що дозволить максимально ефективно використати фінансові та людські ресурси. Іншим

напрямком впливу менеджерів компанії є розвиток лідерів серед власного персоналу [138], що забезпечить підвищення якості роботи всього персоналу компанії, а й органічно вписується в концепцію LEAN. Окрім цього, така робота вищого керівництва залучить ще більше працівників підприємства до необхідності безперервного вдосконалення та впровадження змін у виробничі процеси, що, в подальшому, може бути підґрунтям для формування «культури впровадження покращень» [39].

Другим кроком реалізації цього етапу є формування «крос-функціональної групи» (КФГ) («Cross-functional team»). Така структурна одиниця компанії складається зі спеціалістів різних напрямків діяльності, з різним досвідом та з різною точкою зору [139]. Підбір кадрів у крос-функціональну групу повинен здійснюватися працівниками служби управління персоналом на основі матриці функціональних навичок співробітників компанії [35]. Кількість працівників, які входять до крос-функціональної групи може бути різною і залежить від складності та специфічності завдання, яке повинна вирішити ця структурна одиниця. Останнім, але не менш важливим, є чіткий розподіл функціональних обов'язків між членами групи та призначення керівника групи, який зобов'язаний консолідувати працівників та ефективно організувати роботу для досягнення відповідних результатів у встановлені терміни [53]. Таким чином, керівник крос-функціональної групи повинен володіти не лише високими професійними знаннями, а й відповідними управлінськими навиками.

Третім кроком є проведення навчання для всього персоналу компанії щодо принципів ощадливого виробництва та інструментів його реалізації, особливу увагу, при цьому, необхідно приділити принципам шести сігма [39]. Звісно, такий масштабний підхід тягне за собою значні фінансові та людські витрати, так і збільшує час впровадження LEAN, тим не менш вони необхідні для отримання якісних результатів роботи цієї концепції в майбутньому. Окрім цього, у своїх дослідженнях автори [93] показали, що персонал компанії, який володіє знаннями про ощадливе виробництво, здатний до успішного та всеохоплюючого впровадження цієї концепції. Також у цьому дослідженні доведено, що час впровадження знаходиться у реципрокній залежності від рівня обізнаності персоналу, що є додатковим мотивуючим фактором для вищого керівництва при впровадженні цієї концепції менеджменту.

Іншою перевагою працівника підприємства, який пройшов навчання щодо принципів LEAN management є його здатність ефективніше аналізувати виробничі процеси: технологічні етапи виробництва продукції, передачі інформації, комунікації персоналу, тощо. Всі процеси, у яких задіяний працівник, який має достатньо теоретичних знань щодо ощадливого виробництва, можуть бути піддані ним перевірки відповідності принципам LEAN та, у разі виявлення невідповідності, можуть бути оптимізовані. При цьому, працівник опише не лише невідповідність, а й, за можливості, її причину та надасть пропозиції для оптимізації процесу. Не менш важливим є наявність відповідних знань і в керівників вищого рангу для ефективної комунікації з працівниками у виробничих дільницях та, за потреби, доопрацювання наданих пропозицій [54].

Зрозуміло, що навчання нової концепції оцінки виробничої системи на підприємстві та ролі всіх працівників у роботі всього підприємства можуть проходити важко та зустріти супротив серед персоналу. Така ситуація, ймовірно, обумовлена формуванням дисонансу з вже наявними емпіричними знаннями та досвідом [98]. Для подолання цієї перепони необхідно включати у навчальний процес приклади ефективного вирішення проблем за допомогою принципів ощадливого виробництва. Не менш важливим на цьому етапі є використання практичних вправ щодо оптимізації визначених елементів технологічного процесу онлайн. Такі вправи дозволять сформулювати необхідні практичні навички та показати дієвість системи та її практичне застосування. Також важливим елементом цих вправ є розуміння працівників підприємства їхньої ролі у реалізації змін – саме працівники на робочих місцях є рушійною силою в ощадливому виробництві [131].

Наступним кроком у впровадженні ощадливого виробництва є оцінка наявної ситуації у виробничих та невиробничих структурних одиницях організації. Необхідно проаналізувати, наскільки успішною є наявна система при виявленні невідповідностей, розробці шляхів їх усунення та успішному впровадженні запропонованих змін. Також необхідно виокремити всі сильні та слабкі сторони компанії, а також наявність необхідних ресурсів та готовність підприємства загалом до змін [39].

Найоптимальнішими інструментами для проведення оцінки наявної ситуації на підприємстві є [106]:

1. самоаналіз або рефлексія – один з найпростіших методів аналізу, який полягає у формуванні списку переваг та недоліків

наявної системи ґрунтуючись на об'єктивних даних. Також в цей перелік можна додати суб'єктивні висновки, виходячи з власного емпіричного досвіду або досвіду працівників підприємства.

2. Gap analysis (аналіз розбіжностей) – один з інструментів, який також можна трактувати як окрему систему аналізу ситуації підприємства, результатом чого є звіт про наявні розбіжності між реальним розвитком компанії та запланованим вищим керівництвом на стратегічній сесії членів правління [75]. Результати аналізу вказують на критичні напрямки розвитку компанії де є найбільші прогалини, що може слугувати основою для вибору напрямку впровадження ощадливого виробництва [111].

Gap analysis складається з чотирьох етапів [132]:

- визначення ключових потреб організації на даний час;
- визначення ідеального розвитку для компанії, якщо не розроблено компанією стратегії розвитку;
- виокремлення наявних розбіжностей у розвитку організації;
- зміна наявних планів та впровадження додаткових організаційних планів для усунення виявлених недоліків.

3. «Zero effect, zero defect» (ZED) – система стандартів якості готової продукції для максимальної ефективності роботи підприємства без втрат на усунення дефектів чи додаткову обробку. Окрім цього, ця система включає в себе вимоги до модернізації технологічних ліній, що знизить шкідливий вплив виробництва на екологію [115].

Наступним кроком до реалізації цього етапу є аналіз результатів, отриманих при встановленні наявного стану підприємства, при цьому кожен член крос-функціональної групи формує висновки по напрямку професійного спрямування. Після цього проводиться узагальнююча нарада, на якій всі висновки структуруються та визначається першочергова ціль для покращення ситуації [93].

Для забезпечення об'єктивності у виборі цілей для покращення члени КФГ можуть додатково використати ряд ефективних інструментів:

1. quality function deployment (QFD) – один з методів аналізу та оптимізації готової продукції через трансформацію потреб клієнтів у технологічні рішення, які наблизять характеристики товару до вимог покупця. Такий підхід забезпечує не лише ефективний аналіз наявної ситуації на ринку попиту, а й забезпечує ефективний шлях до швидкого підвищення конкурентоздатності

підприємства. Іншою перевагою цього методу є проста візуалізація результатів, що досягається побудовою матриці, яку назвали відповідно до її форми – «дім якості» [73].

2. Аналіз Парето передбачає аналіз факторів, які впливають на якість продукції та ефективність роботи підприємства загалом. Для визначення пріоритетних напрямків для впровадження змін оцифровують та, відповідно, візуалізують отримані дані у вигляді діаграми Парето. Виходячи із закону Парето виділяють лише ті чинники, які адитивно володіють 80% впливу на стан підприємства і є «критичними» для нього. Такий підхід забезпечує максимально ефективний вплив на конкурентоздатність компанії при оптимізації мінімальної кількості чинників [73].

3. SWOT-аналіз - процес встановлення зв'язків між найхарактернішими для організації можливостями, загрозами, сильними сторонами (перевагами), слабкостями, результати якого в подальшому можуть бути використані для формулювання і вибору стратегій розвитку чи оптимізації [4]. Ефективний спосіб візуалізації каузальності встановлених напрямків для оптимізації, що забезпечує оптимальний спосіб для сприйняття цих даних [42].

Таким чином, недостатньо лише виділити фактори впливу на якість продукції чи на ефективність роботи виробничої лінії, ці чинники необхідно якісно проаналізувати та встановити «відсоток» їхнього впливу. Для цього нам необхідне використання описаних вище методів, які дозволять об'єктивно їх оцінити. Лише після цього можна провести ранжування та сфокусуватися на першочергових завданнях оптимізації. Хибний вибір напрямків для вдосконалення зумовить не лише фінансові втрати компанії через низький економічний ефект змін, порівняно з використаними ресурсами для їх реалізації, а й демотивує персонал, який їх втілював [136].

Тим не менш, вирішальне слово на цьому етапі має вище керівництво компанії, яке може додатково вносити зміни у пріоритетність завдань відповідно до нормативних вимог замовників чи потреб організації, окрім цього, встановлені напрямки оптимізації повинні корелювати зі стратегічними цілями компанії. Лише після цього можуть бути виділені як фінансові, так і людські ресурси [131].

Передостаннім кроком в реалізації цього етапу впровадження ощадливого виробництва є постановка завдань для реалізації попередньо встановлених областей покращення згідно принципів

SMART. Такий підхід максимально ефективно та зрозуміло для всіх працівників окреслити «дорожню карту» досягнення поставлених цілей та дозволить об'єктивно оцінити досягнуті результати на кожному з етапів. Окрім цього крос-функціональна група здатна додатково встановити проміжні індикатори, які сигналізуватимуть про ефективність впроваджених змін, наприклад, коефіцієнт браку, кількість використаних ресурсів – фінансових чи людино-годин, кількість випадків, пов'язаних з порушенням трудової дисципліни чи охорони праці [114].

Кінцевим кроком реалізації першого етапу впровадження ощадливого виробництва є формування проекту реалізації встановлених завдань. Документ формується у вигляді «Статуту проекту», в першій частині якого зазначено цілі, завдання та перелік учасників проекту, що дозволить офіційно впровадити в реалізацію заплановані зміни. Також цей документ надає офіційний дозвіл на використання ресурсів учасникам проекту [100].

У другій частині цього документа лапідарно описано завдання проекту, перелік працівників, які відповідальні за їх реалізацію, а також чітко вказані обов'язки, повноваження кожного учасника, а також розписані часові рамки виконання кожного завдання [139]. Таким чином, «статут проекту» є односторінковим відображенням всього проекту, що дозволяє легко ознайомитися зі всіма завданнями працівникам підприємства [60]. Окрім цього, такий формат відображення проекту дозволяє керівництву організації оперативно контролювати результативність реалізації поставлених завдань [43].

Етап 2. Оцінка наявної ситуації.

Другим етапом впровадження ощадливого виробництва є аналіз наявного стану обраного напрямку виробництва для покращення. Для реалізації цього етапу члени крос-функціональної групи проводять аналіз виробничого процесу – його технічну, технологічну та організаційну сторони. Окрім цього, аналізують документацію технологічного етапу виготовлення продукту, встановлюють зміни продуктивності виробництва, наявність втрат та браку. Таким чином, цей етап пов'язаний з вивченням стану справ в гемба та отриманням первинних даних, на основі яких будуть сформовані подальші рішення для вдосконалення процесу виробництва [144].

Провівши повний аналіз стану виробничого процесу члени КФГ узагальнюють отримані дані та готують короткий опис проведеної роботи, який повинен завершуватися сформованими

висновками та пропозиціями вирішення виявлених проблем та оптимізації виробничого процесу загалом. Підготувавши такі звіти, учасники крос-функціональної групи презентують їх та, використовуючи принципи «мозкового штурму», приймають рішення-пропозиції щодо покращення наявної ситуації на підприємстві [63].

Цей етап впровадження ощадливого виробництва реалізується у два кроки:

1. проведення картування потоку;
2. визначення та реалізація шляхів для оптимізації виробничого процесу.

Першим кроком на цьому етапі є проведення картування потоку створення цінності, що є простою і наочною графічною схемою, яка зображує матеріальні та інформаційні потоки, необхідні для надання продукту або послуги кінцевому споживачу [52, 54]. Карта потоку створення цінності дає можливість відразу побачити «вузькі місця» потоку і на основі його аналізу виявити всі непродуктивні витрати і процеси, розробити план поліпшень [12, 23].

Картування потоку створення цінності включає наступні етапи [68]:

1. документування карти поточного стану;
2. аналіз потоку виробництва;
3. створення карти майбутнього стану;
4. розробка плану щодо поліпшення.

Прикладом реалізації цього методу на практиці є візуалізація процесу приймання молочної сировини - першого етапу роботи молокопереробного підприємства. Цей процес включає в себе: зовнішню санітарну обробку автомобіля, перемішування та відбір проб, їх дослідження та, відповідно до отриманих даних, резервування молочної сировини за її гатунками, санітарна обробка автомолцистерн.

Щоденна робота дільниці приймання сировини пов'язана із забезпеченням бездоганного функціонування вказаного вище циклу робіт. Кожен з цих процесів виконується за певний регламентований час, а враховуючи те, що ці етапи проходять послідовно, то затримка на одному з них або його оптимізація відобразиться на результаті всього процесу. Для візуалізації цього розроблено діаграму Ганта (рис. 1.3), яка дозволить встановити лімітуючі етапи всього процесу.

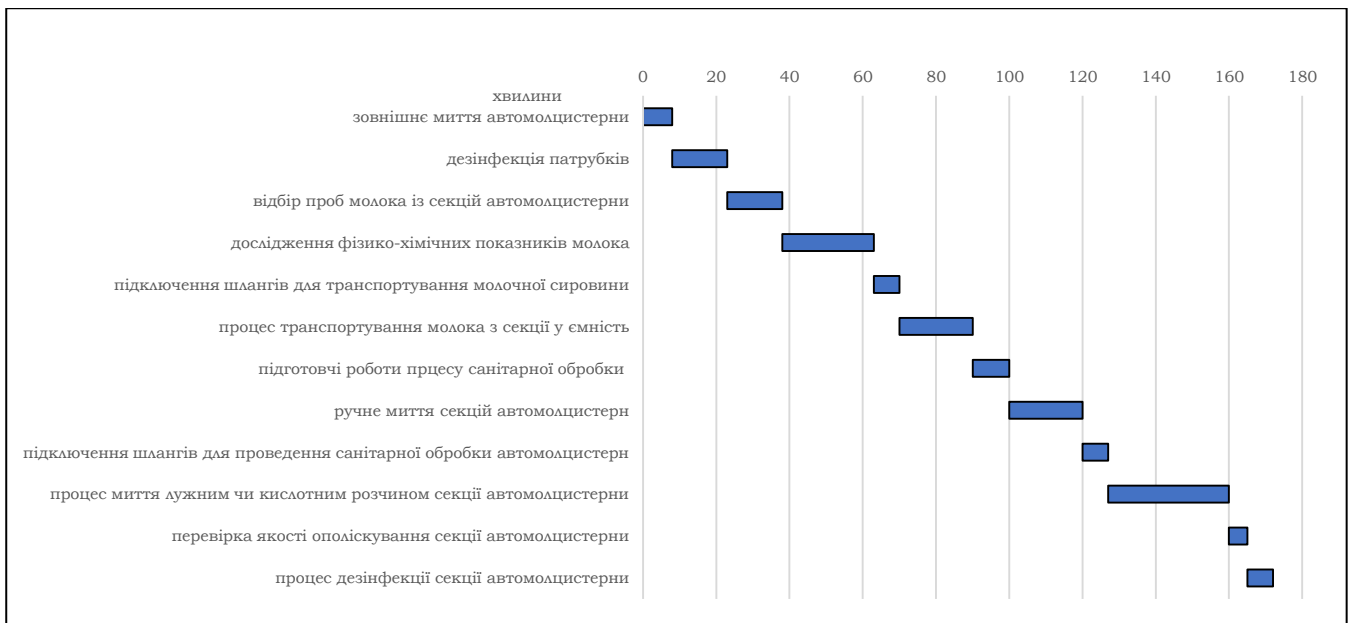


Рис. 1.3. Діаграма Ганта процесу приймання молока на дільниці приймання сировини

Джерело: розроблено автором

Із отриманих даних можна зробити висновок про те, що найтривалішими етапами процесу приймання молочної сировини є: дезінфекція патрубків, відбір проб молока із секцій автомолцистерн, дослідження фізико-хімічних показників молока, процес транспортування молока із секцій у ємність, ручне миття секцій автомолцистерн (за потреби), автоматичне миття секцій автомолцистерни лужним або кислотним розчином. Більшість зазначених процесів пов'язані з ручною роботою працівників дільниці, і вони першочергово повинні бути скрупульозно проаналізовані для їх оптимізації. Щодо автоматизованих процесів чи етапів на час яких не може вплинути працівник дільниці, то необхідно проаналізувати доцільність підвищення потужностей, адже це завжди передбачає фінансові витрати, але не завжди є лімітуючим етапом всього процесу. У зв'язку з цим, розглянемо ближче саме процеси відбору проб молока із секцій автомолцистерн та дослідження фізико-хімічних показників молока.

Так, процес відбору молока з секцій автомолцистерн обумовлений наданням на дослідження репрезентативного взірця сировини, у разі неякісного проведення перемішування чи відбору будуть отримані хибні результати, що зумовить повторення процесу, а отже, збільшення загального часу циклу приймання сировини. Аналогічні наслідки для всього процесу матимуть і хибні результати досліджень молочної сировини з її репрезентативної проби. Таким чином, саме цих два етапи формують «кластер»,

який і визначає загальний хронометраж приймання молочної сировини.

Для забезпечення оптимальної роботи дільниці на цих етапах необхідно провести:

1. створити алгоритм проведення перемішування молочної сировини в секції автомобіля у залежності від кількості у ній сировини;
2. розробити механізм достовірного відбору проб молока для дослідження;
3. забезпечити постійний аналіз достовірності проведення фізико-хімічних досліджень.

Іншим способом картування потоку від постачальника до замовника є метод SIPOC [42], який дозволяє встановити чіткі межі процесу та, відповідно, всебічно описати. Лише після цього процес може бути проаналізований членами крос-функціональної групи, виділені лімітуючі елементи та розроблені шляхи для їх оптимізації. Таким чином, метод SIPOC дозволяє графічно апроксимувати уявлення процесу загалом, що допомагає встановити межі процесу, визначити внутрішніх і зовнішніх клієнтів, входи та виходи процесу, а також лапідарно виразити вимоги до них.

Технологія SIPOC є акронімом від англійських слів: supplier, input, process, output, customer, які можна трактувати як [31]:

S – Supplier (постачальник) – постачальник ресурсів (молочної сировини, пакувальних матеріалів, обладнання, тощо) або інформації (законодавчі акти, новітні технологічні розробки, методи досліджень, тощо), задіяних в системі управління матеріальними ресурсами;

I – Input (вхід) – вхідні дані (вимоги до постачальника щодо часу постачання, вимог до продукту, тощо) необхідні для прийняття рішень в системі управління матеріальними ресурсами;

P – Process (процес) – власне сам процес у якому задіяні розглянуті ресурси постачальника;

O – Output (вихід) результат (вимоги замовника до готового продукту процесу) функціонування системи управління матеріальними ресурсами;

C – Customer (замовник) – отримувач результатів.

Графічно технологію SIPOC можна зобразити лінійним процесом (рис. 1.4), при цьому, перед нами постає додаткова умова – формулювання вимог на етапах «вхід» та «вихід», що дозволить кількісно та/або якісно оцінити етап процесу та на їх основі об'єктивно оцінити ефективність роботи кожної задіяної структурної ланки підприємства.

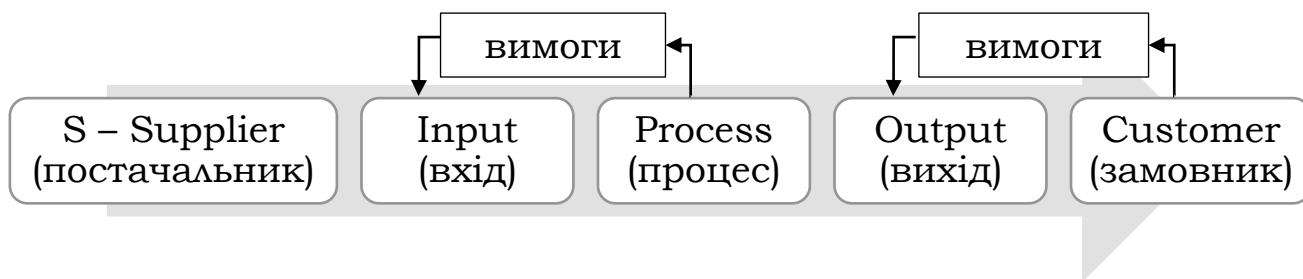


Рис. 1.4. Графічне зображення технології SIPOC – системи управління ресурсами

Джерело: розроблено автором

При додаванні «вимог» (requirements) до аббревіатури SIPOC ця технологія перетворюється у SIRPORC [67]. Ефективним шляхом реалізації цієї технології є вираження отриманої інформації у вигляді таблиці (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Приклад шаблону таблиці реалізації технології SIRPORC

Постачальник	Вхід	Вимоги	Процес	Вихід	Вимоги	Замовник
1	2	3	4	5	6	7
ТЗОВ «Медіатрейд»	Замовлення пакувального матеріалу – п/е плівки	1. Товщина плівки; 2. Відповідність гігієнічним вимогам; 3. Стійкість фарби; 4. Відповідність флейвору плівки	Виробництво готового продукту	Фасування готового продукту	Відповідність готового продукту корпоративним вимогам	Підрозділ виробництва

Джерело: розроблено автором

Вказану вище таблицю необхідно заповнювати у такій послідовності [22]:

1. Вихідною інформацією повинен слугувати опис процесу, який аналізується, важливою частиною цього етапу є виділення його головних складових частин, при цьому надмірна деталізація зумовить перенасичення таблиці інформацією, яка не дозволить оперативно оцінити систему та прийняти необхідні рішення.

2. Наступним кроком є опис входу процесу – документація чи інша форма інформування, яка ініціює початок виконання процесу. Повнота опису процесу залежить від цілей проведення аналізу та від кількості виділених складових частин процесу.

3. Для кожного входу описуються вимоги, наприклад, форма інформування, терміни виконання, вимоги до якості, мінімальна партія, тощо.

4. Формують перелік всіх виконавців етапу «вхід», як зовнішніх, так і внутрішніх постачальників.

5. Описують «вихід» процесу, яким може бути - готовий продукт, напівфабрикат, підготовлена сировина, облікований пакувальний матеріал чи інформація. Повнота опису залежить від кількості етапів, вказаних в описі процесу, та від вхідної документації.

6. Після цього описуються замовники процесу.

7. Останнім етапом реалізації технології SIRPORC є опис вимог замовників до продукту процесу.

Таким чином, технологія SIPOC дозволяє чітко виділити учасників «входу» та «виходу» процесу. Для компанії важливими є внутрішні учасники цього процесу, адже саме вони мають можливість регулювати цей процес та здійснювати необхідні зміни для забезпечення його ефективної роботи. Окрім цього, саме працівники цих підрозділів володіють необхідною інформацією для повноцінного опису недоліків процесу та здатні об'єктивно оцінити впроваджені зміни.

Не менш важливим наслідком реалізації цієї технології є розробка якісних та кількісних характеристик («вимог») вхідного та вихідного продукту, які дозволять об'єктивно оцінити ефективність роботи процесу загалом та його окремих етапів зокрема. Окрім цього, сформовані вимоги дозволяють проаналізувати роботу кожного учасника процесу на окремо взятому етапі та провести, за необхідності, корегування.

Для забезпечення ефективного використання даних, отриманих при застосуванні методу SIPOC, необхідно їх трансформувати у якісні та кількісні характеристики. Так, для виокремлення якісних характеристик процесу трансформують отримані результати за допомогою метричної системи у зведену таблицю (табл. 1.2) показників процесу. Кожна з виділених функцій процесу надалі буде піддана кількісній оцінці за системою метрик.

Результати якісної та кількісної оцінки (встановлення вартості процесу) досліджень функцій системи дозволять скласти повноцінну картину процесу, як з точки зору побудови системи та її регуляції/саморегуляції, так і матеріальних витрат на її реалізацію. На основі отриманих даних керівництво компанії може прийняти рішення щодо оптимізації цього процесу та перерозподілу матеріальних витрат, що забезпечить підвищення ефективності та конкурентоздатності підприємства загалом.

Приклад шаблону таблиці зведених метрик процесу

Критерії метрики	Метрики входу	Метрики процесу	Метрики виходу
Якість	Відповідність показникам, вказаних у сертифікаті якості	Відповідність показникам технологічного процесу	Відповідність показникам якості готового продукту
Швидкість	Доставка з дня замовлення не довше 14 діб	Завершення технологічного процесу до 48 годин	Реалізація продукції до 3-ох діб після його виготовлення
Вартість	≤300000 грн	Загальні витрати ≤100000 грн	≥450000 грн

Джерело: розроблено автором

Одним з найважливіших процесів для функціонування молокопереробного підприємства є постачання високоякісної молочної сировини, що забезпечить, з одного боку, відповідність готового продукту стандартам держави, а з іншого – вимогам покупців. Для реалізації цього етапу задіяна значна кількість служб підприємства, які виконують свої функції для забезпечення вчасної доставки якісної сировини, здійснення її вхідного контролю та резервування відповідно до заявки логістичного відділу. Таким чином, цей процес, згідно технології SIRPORC, може бути візуалізований у вигляді таблиці 1.3.

Із отриманих даних видно, що для побудови потоку формування цінності чи системи управління ресурсами члени крос-функціональної групи повинні не лише знаходитися безпосередньо на робочих місцях працівників підрозділів підприємства, аналіз яких проводиться, а й ефективно з ними комунікувати для отримання необхідної інформації про загальну структуру процесу та встановлення особливостей виконання тих чи інших процесів. Зазвичай, саме ці дані є визначальними для корегування процесу та потребують обов'язкового введення у внутрішні нормативні документи підприємства (процедури, інструкції, стандарти роботи). Окрім отримання даних від працівників підприємства, які беруть безпосередню участь у виконання тих чи інших процесів члени КФГ можуть отримати додаткові дані чи висновки від незалежних експертів чи консультантів.

Така практика забезпечує формування об'єктивного уявлення про процес та його етапи, що дозволить виділити і описати втрати на кожному з них [139].

Таблиця 1.3

Процес постачання молочної сировини згідно технології SIRPORS

Постачальник	Вхід	Вимоги	Процес	Вихід	Вимоги	Замовник
1	2	3	4	5	6	7
служба обслуговування автотранспорту	– графік постачання молочної сировини; – формування рейсів відповідно до гатунків молочної сировини;	– вчасне надання графіку постачання молочної сировини; – формування графіку з мінімізацією затрат паливно-мастильних матеріалів; – справність автотранспорту	постачання молочної сировини на молокопереробне підприємство	доставка молочної сировини на підприємство	– виконання доставки згідно графіка; – доставка молочної сировини у відповідній кількості; – доставка молочної сировини відповідної якості;	служба постачання сировини
служба постачання молочної сировини	– заявка від підприємства на необхідну кількість та якість молочної сировини; – у разі необхідності вчасне внесення коригувань у заплановану кількість; – наявність інформації щодо стану автопарку підприємства. – графік постачання молочної сировини; – формування рейсів відповідно	– вчасне подання замовлення на необхідну кількість та якість молочної сировини – наявність оперативної інформації про справність автотранспорту; – наявність оперативної інформації про технічні неполадки чи планові ремонтні роботи на виробництві.		– графік постачання молочної сировини; – забезпечення необхідної кількості молочної сировини; – забезпечення доставки молочної сировини	– вчасне резервування молочної сировини згідно гатунків молочної сировини – оперативне транспортування молочної сировини з автотранспорту у ємність; – резервування молочної сировини згідно її гатунків; – формування графіку для мінімізації навантаження на водія та максимальним завантаженням автотранспорту;	– служба обслуговування автотранспорту; – підрозділ виробництва;

Постачальник	Вхід	Вимоги	Процес	Вихід	Вимоги	Замовник
1	2	3	4	5	6	7
фізико-хімічна та мікробіологічна лабораторії	<p>до гатунків молочної сировини та мінімізації затрат паливно-матеріальних матеріалів;</p> <p>– забезпечення підрозділу виробництва необхідною кількістю та відповідного гатунку молока для виконання заявки.</p> <p>– графік постачання молочної сировини;</p> <p>– здійснення відбору проби молочної сировини з кожної секції автомолоцестерни</p>	– надання репрезентативної проби молочної сировини для проведення досліджень;		– безпечність та якість зарезервованої молочної сировини для випуску відповідної готової продукції	– достовірність отриманих результатів; <p>– вчасне інформування про отриманні результати;</p> <p>– попередження резервування молочної сировини невідпо-відної якості;</p> <p>– якість молочної сировини не погіршилася у результаті недос-товірних резуль-татів аналізу.</p>	– служба постачання молочної сировини; <p>– підрозділ виробництва;</p>

Постачальник	Вхід	Вимоги	Процес	Вихід	Вимоги	Замовник
1 підрозділ виробництва	2 – заявка від логістичного відділу про май- бутнє замовлення готової продукції.	3 – вчасність на- дання заявки на виготовлення продукції; – попередня заявка на виго- товлення готової продукції не повинна значно відрізнятися від остаточного варіанту.	4	5 – заявка службі постачання сировини на резервування необхідної кіль- кості та якості молока; – резервування молочної сировини від- повідно до гатунку молока.	6 – ефективно здійснювати резервування молочної сировини; – оперативно здійснювати санітарну обробку автомолцістерн; – контроль за наданням репре- зентативної проби молочної сировини для досліджень; – не погіршення якості молочної сировини на етапі її резервування.	7 – служба поста- чання молочної сировини; – фізико-хімічна та мікробіо- логічна лабора- торія; – служба обслу- говування авто- транспорту

Джерело: розроблено автором

Наступним кроком на цьому етапі є визначення та реалізація шляхів для оптимізації виробничого процесу. Після встановлення окремих втрат проводиться визначення їх причин. Для цього найефективніше використовувати один з методів встановлення першопричини:

- метод «5 чому» («5-Why analysis»);
- діаграма Ішикави або «риб'яча кістка»;
- метод виключень («fall-out analyses»).

Так, метод «5 чому» («5-Why analysis») передбачає встановлення каузальності виявленої невідповідності шляхом її абдуктивного аналізу [41]. При встановленні причини виявлених втрат необхідно щоразу ставити запитання «чому?» і рухатися далі в пошуку першопричини. Такий простий і, зазвичай, ефективний спосіб встановлення причини дозволяє легко встановити першопричини та може бути легко адаптований до роботи будь-яких членів груп та розгляду проблем різних напрямку діяльності підприємства. Тим не менш, такий підхід до встановлення причини виявлених втрат без систематичної роботи всіх членів команди лише декларуватиме здійснення процесу встановлення каузальності, тому для отримання достовірних результатів необхідні три елементи [30]:

- точне і повне формулювання проблеми;
- надання повної та достовірної інформації при формулюванні кожної відповіді;
- внутрішнє бажання кожного члена групи встановити істинну причину виявлених втрат.

Техніка «5-Why analysis» володіє високою ефективністю, коли застосовується для крос-функціональної групи та проходить п'ять етапів [125]:

1. Формулювання проблеми, яке буде зрозуміле для всіх членів групи, після цього необхідно прийняти рішення, чи необхідна для вирішення цієї проблеми додаткова консультація інших спеціалістів.

2. Постановка групі спеціалістів першого запитання «чому?». Отримані відповіді, яких зазвичай буде від трьох до п'яти, необхідно записати для подальшого аналізу (рис. 1.5).

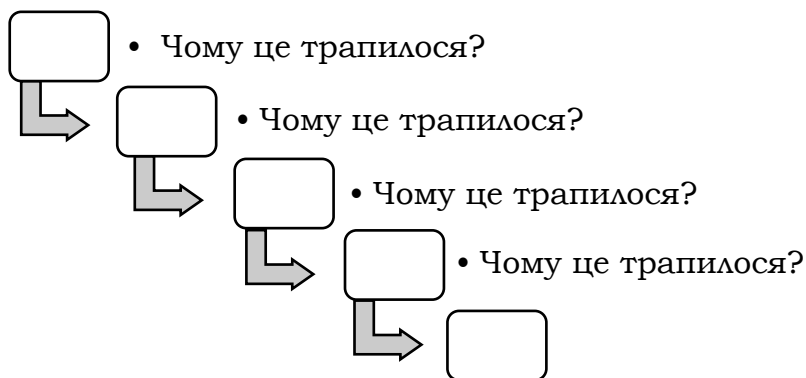


Рис. 1.5. Лист пошуку першопричини з використанням «5-Why analysis».

Джерело: розроблено автором

3. Для кожної визначеної першої причини виявлених втрат необхідно провести наступний регресивний аналіз за допомогою постановки послідовних запитань «чому?». У разі отримання логічних відповідей можна ставити додаткові запитання, не зупиняючись лише на п'яти «чому?». Лідер групи зобов'язаний прискіпливо аналізувати відповіді на кожне наступне запитання, щоб унеможливити продовження аналізу проблеми без отримання нової інформації та отримання все нових «першопричин» систематичного характеру.

4. Серед усіх останніх відповідей-першопричин необхідно колективно обрати єдину, яка володіє як систематичним характером, так і максимально відповідає логіці всього процесу. Після того, як буде обрано єдину першопричину, необхідно показати декільком іншим працівникам підприємства, які володіють достатнім рівнем знань та кваліфікації у напрямку роботи, у якому виявлено втрати, весь логічний ланцюг отримання цієї відповіді. Це забезпечить додатковий його аналіз незаангажованими спеціалістами та дозволить підтвердити правильність отриманої відповіді.

5. Останнім кроком є розробка шляхів для усунення цієї причини та перевірки ефективності встановлених змін.

Тим не менш, незважаючи на вказані вище переваги, метод «5-Why analysis» піддається значній критиці, яка пов'язана з простотою методологічної бази, що не дозволяє здійснити глибокий систематичний аналіз корінних причин, що не дозволяє усунути причину втрат, а лише забезпечує паліативний тип вирішення проблеми. Така критика обумовлена :

– зупинкою дослідників на аналізі симптомів, а не самої причини їх виникнення, що може бути обумовлено недостатністю

кваліфікацією членів групи або їх небажанням висвітлення причини виявлених втрат;

- недостатній рівень теоретичних та емпіричних знань членів групи зумовлює неефективну роботу з наявною інформацією та отримання необхідних даних для майбутнього аналізу і, сформульованих на її основі, висновків;

- відсутність фасилітатора, який би забезпечив необхідну робочу атмосферу та допомагав групі формувати достовірні висновки на поставлені запитання;

- низький показник відтворюваності результатів методу «5-Why analysis» - різні групи з різним складом формують різні причини однієї і тієї ж причини, що зумовлює значну залежність цього способу від вибору членів групи, а отже, значний суб'єктивізм отриманих результатів.

Іншим методом встановлення першопричин виникнення втрат є спосіб побудови діаграми Ішикави («Fishbone Diagramming»), що забезпечує графічну побудову причинно-наслідкових зв'язків та розуміння того, що один наслідок може бути обумовлений декількома причинами, таким чином, цей метод не дозволяє значно спростити термінальні способи вирішення цих проблем [86].

Створення діаграми включає в себе вісім кроків [62, 99]:

1. Необхідно створити групу, куди будуть входити спеціалісти необхідної кваліфікації, для вирішення виявленої проблеми.

2. У разі відсутності теоретичних та практичних знань щодо побудови діаграми «риб'яча кістка» необхідно провести навчання для членів групи, що забезпечить ефективність та результативність виконання поставленого завдання.

3. Члени групи повинні лапідарно сформулювати досліджувану проблему чи втрату підприємства та записати її на початку діаграми – голові риби (рис. 1.6).

4. Зазвичай, діаграма містить п'ять «кісток» (причин виникнення виявленої невідповідності): антропогенний чинник (людський чинник); навколишнє середовище; матеріали, які застосовуються; методи виготовлення продукції чи їх аналізу; обладнання, на якому здійснюється виготовлення продукції чи здійснюється його аналіз. Така кількість основних чинників достатня для отримання хороших результатів. У разі їх збільшення проблема буде всебічно розглянута, але темп та ефективність аналізу знизиться, що може негативно позначитися на кінцевому результаті – ефективності впроваджених змін.

5. Наступним кроком є «мозковий штурм» для усіх членів групи, для ефективної реалізації цього методу необхідно дотримуватися двох основних правил:

- спочатку кожен член групи працює індивідуально;
- необхідно записувати всі ідеї, які члену групи здаються ймовірними причинами виникнення цієї невідповідності;
- уникнення спілкування між членами групи до завершення індивідуального аналізу проблеми.

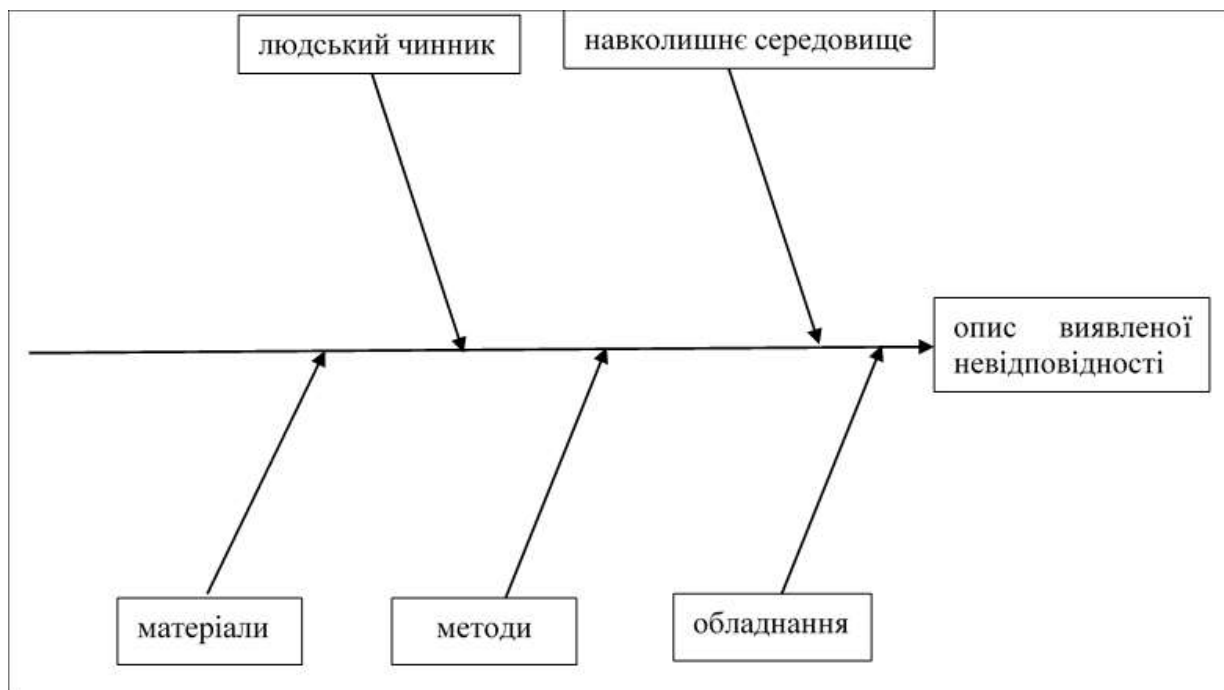


Рис. 1.6. Шаблон формування діаграми Ішікави

Джерело: [62]

6. Необхідно перенести всі вказані членами групи причини по кожній категорії на загальну діаграму, що дозволить візуалізувати отримані дані. У разі відсутності причин для якоїсь категорії необхідно встановити їх спільно зі всією групою, так як це обов'язкова умова при переході на наступний етап аналізу.

7. Визначальним етапом аналізу проблеми згідно «способу побудови діаграми Ішікави» є обговорення запропонованих причин виникнення цієї проблеми. На цьому етапі необхідно залучити всіх членів групи до обговорення, так як кожен з них є вузькоспеціалізованим фахівцем, який здатний надати висококваліфіковану оцінку сформованим висновкам. Ефективна комунікація між членами групи на цьому етапі є визначальною при обговоренні декількох можливих причин для окремої категорії. Особливу увагу необхідно приділити аналізу декількох запропонованих причин для

однієї категорії, при цьому важливо встановити причинно-наслідкові зв'язки для кожної окремої «ідеї» з іншими категоріями, а також пропрацювати можливий вплив внесених змін на загальну ефективність процесу. Необхідно пам'ятати, що при виборі на цьому етапі «неправильних» причин формування невідповідності зумовить неефективні дії по її усуненню та, в подальшому, повторення процесу аналізу запропонованих причин. Таким чином, цей етап займає найдовший проміжок часу, тим не менш, спроби його зменшення можуть зумовити отримання вказаних вище негативних наслідків. Тим не менш, у разі заминок при аналізі причин чи відсутності прогресу в роботі можливе використання методики «5 чому».

8. Останнім етапом є заповнення діаграми Ішікави (рис. 1.6), що дозволяє зосередитися на пошуку ефективних рішень по усуненню вказаних причин. Оптимальним підходом є поетапна розробка вирішення виявленої проблеми – впровадження змін по кожній виявленій причині, що забезпечить, в кінцевому результаті, розробку комплексного рішення. Заплановані зміни необхідно планувати за принципом циклу Демінга, що забезпечить етап перевірки якості впроваджених змін.

Останнім способом встановлення першопричини є метод виключень («fall-out analyses»), який використовують для аналізу окремо взятої проблеми, яка пов'язана з виключенням одного з елементів із загального процесу. Цю методику можна використовувати як окремий елемент аналізу виявленої невідповідності, так і як додатковий спосіб аналізу встановлених причин на діаграмі Ішікави.

«Fall-out analyses» ґрунтується на об'єктивному аналізі наявних даних про виявлену невідповідність, тому, перш за все, необхідно перевірити достовірність наявного масиву даних і записів, здійснених персоналом підприємства. Цьому кроку аналізу необхідно приділити максимальну увагу, так як отримані результати та прийняті в майбутньому дії залежатимуть від наявних даних і, у разі їх недостовірності, впроваджені зміни не принесуть належного ефекту [147].

Як і вказані вище методики, «fall-out analyses» складається з декількох послідовних етапів [140]:

1. Необхідно проаналізувати наявні записи виконання досліджуваного процесу та вибрати від двох до п'яти випадків «випадання» процесу. Зазвичай дослідники обирають випадки зі значними відхиленнями від середнього показника процесу, що не

завжди є виправданим, так як поясненням цього стану слугуватимуть серйозні одиничні збої у роботі системи, наприклад, відсутність постачання енергоресурсів, поломки обладнання, тощо. Натомість аналіз незначних, але повторюваних змін дозволить виявити важливі систематичні помилки, усунення яких забезпечить підвищення ефективності та стабільності роботи всієї системи.

2. Обрані випадки необхідно проаналізувати за допомогою наявної інформації, записаної на паперовому чи електронному носії. Окрім цього, важливим елементом встановлення додаткових параметрів процесу є отримані дані від співробітників, які його безпосередньо виконували. Комунікація з безпосередніми виконавцями процесу забезпечить важливою інформацією, яку не було запроTOCOLьовано – проведення додаткових налаштувань обладнання, незначні відхилення, у межах допустимих норм, параметрів продукту, додаткова інформація щодо впливу антропогенного чинника на процес, тощо.

3. На основі отриманих даних встановіть об'єктивні причини виникнення цієї ситуації. Сформовані висновки повинні ґрунтуватися на отриманих даних, а тому запропоновані причини (гіпотези) повинні пояснювати наявну інформацію. Сформовані причинно-наслідкові зв'язки необхідно надати на розгляд колегам та безпосереднім виконавцям досліджуваного процесу. Такі дії дозволять отримати об'єктивну критику запропонованої гіпотези і, за потреби, внести необхідні корективи. Важливим кроком на цьому етапі аналізу є підбір працівників підприємства, які володіють достатніми професійними знаннями для перевірки сформованої гіпотези та надання якісного фідбеку.

4. Після підтвердження експертами запропонованих причин виникнення встановленої невідповідності необхідно розробити та реалізувати ітеративний цикл, який забезпечить додатковою інформацією та дозволить, за потреби, внести корективи у впроваджені зміни досліджуваного процесу. Важливим елементом є визначення об'єктивних показників-індикаторів ефективності впроваджених змін та впровадження чи розробка методів їх визначення.

5. Після встановлення ефективності впроваджених змін їх необхідно офіційно імплементувати, що досягається внесенням запропонованого алгоритму дій у стандарти роботи чи інструкції по виконанню цього процесу. Для забезпечення повноцінної реалізації розроблених покращень необхідно забезпечити навчання для працівників компанії з подальшою перевіркою залишкових знань.

Тим не менш, необхідно впроваджувати практику PDCA-циклу для збереження досягнутого рівня ефективності впроваджених змін при зміні інших параметрів процесу [90].

Наступним кроком у реалізації другого етапу впровадження ощадливого виробництва є «визначення та реалізація шляхів для оптимізації виробничого процесу». На цьому етапі члени крос-функціональної групи повинні вибрати один з методів оптимізації виробничого процесу та реалізувати його для усунення виявленої втрати. Для забезпечення впровадження ефективних змін у концепції LEAN розроблено ряд методик:

- метод картування («value stream mapping») [68], алгоритм застосування якого було описано вище;
- методика організації робочих місць – 5S [56];
- методика аналізу видів збоїв та їх наслідків («failure mode and effect analysis (FMEA)») [123];
- Кайдзен [109];
- Пока-йока [139].
- SMED [64].

1.2. Впровадження системи Lean

1. Методика 5S. Відомо, що порядок і чистота на робочому місці працівника, а не «впорядкований хаос», є передумовою впровадження всіх змін, запорукою підвищення продуктивності та забезпечення необхідного рівня якості готового продукту в промисловому виробництві. Лише на чистому і впорядкованому робочому місці можуть виготовлятися високоякісні товари, що відповідають вимогам якості та безпечності не лише державних нормативів, а й задовольняють вимоги клієнтів. Для забезпечення цього аспекту роботи впроваджують для працівників методику 5S, в основі якої знаходиться проста ідея - все, що піддається оптимізації, має бути оптимізовано [49].

Система 5S включає в себе п'ять кроків:

Крок перший «SEIRI» – утилізація всього непотрібного. Для реалізації цього етапу проводиться ревізія всіх предметів робочого місця працівника, після чого вони розділяються на три категорії: потрібні, непотрібні терміново і непотрібні, останні утилізуються одразу. Предмети з категорії «не потрібні терміново» переміщуються на відведене місце, неподалік від робочого місця працівника. Усі «потрібні» предмети зберігаються на робочому місці.

Не менш важливим елементом впровадження змін є розподіл та закріплення зон відповідальності кожного працівника за стан робочого місця. Цей етап повинен бути офіційно задокументований та донесений до кожного працівника, так як без цього неможлива ефективна подальша робота робітників над інструментом 5S [91].

Таким чином, плановими результатами цього етапу для підприємства загалом є:

- скорочення непотрібних запасів на робочому місці та у виробничій зоні загалом, що дозволяє ефективно керувати запасами та здійснювати достовірний облік матеріалів на дільниці;
- скорочення займаних площ дозволяє ефективніше використовувати приміщення цеху та надає можливість подальшій оптимізації чи модернізації технологічного процесу;
- скорочення травматизму внаслідок звільнення виробничого середовища від непотрібного;
- полегшення моніторингу предметів у виробничій зоні та зниження можливості їх попадання у готовий продукт. Ці зміни є вкрай важливими для харчових підприємств, так як інформація про виявлення в продукті механічних домішок одразу негативно вплине на іміджеву складову компанії та зумовить її фінансові втрати.

Крок другий «SEITON» – впорядкування розміщення предметів. На цьому етапі розробляється індивідуальне рішення щодо підбору місця та способу впорядкування предметів на робочому місці. Найефективнішими шляхами реалізації цього етапу є забезпечення візуалізації розміщення кожного предмету на робочому місці або забезпечення їх переліку, що дозволить швидко провести моніторинг наявності всіх елементів [17].

Такі зміни забезпечать:

- швидкість і легкість доступу до кожного предмету на робочому місці, що зменшить втрати часу на пошук інструменту працівником виробничої дільниці та, відповідно, усуне одну з втрат у системі LEAN;
- ефективний контроль наявності всіх предметів на робочому місці працівника, що забезпечує ефективний процес передачі зміни та підвищує рівень безпечності випуску готового продукту;
- ефективне використання площі виробничого цеху;
- стандартизацію організації роботи працівників виробничого цеху, що дозволить підвищити ефективність їхньої діяльності;

- скорочення травматизму через небезпечне зберігання обладнання у виробничому цеху;
- зниження можливості виготовлення браку через випадкове використання невідповідних пакувальних матеріалів.

Крок третій «SEISO» – дотримання чистоти на робочому місці. На цьому етапі разом з працівниками, закріпленими за цим робочим місцем, проводиться визначення основних джерел його забруднення. На основі отриманих даних встановлюється метод санітарної обробки робочого місця, періодичність проведення очистки та шлях перевірки якості проведених робіт. Також на цьому етапі формують перелік осіб, які мають право доступу до документів або деталей на цьому робочому місці, що оптимізує процес моніторингу відповідності стану робочого місця [32].

Такі зміни забезпечать:

- скорочення часу простою через несправність обладнання;
- покращення санітарно-гігієнічних умов роботи;
- скорочення браку і втрат, пов'язаних із невідповідним санітарним станом обладнання, деталей чи робочого місця загалом;
- підвищення ефективності роботи персоналу виробничої дільниці;
- розвиток самоаналізу роботи працівників дільниці, які безпосередньо відповідають за стан робочого місця.

Крок четвертий «SEIKETSU» – стандартизація умов роботи. Після забезпечення відповідності стану робочого місця проводиться розробка єдиного стандарту роботи працівників виробничого цеху. Цей етап є одним з найважливіших для забезпечення ефективності роботи виробничої лінії та випуску готової продукції стабільної якості. Впровадження такого «стандарту» дозволить забезпечити взаємозамінність працівників дільниці, а також пришвидшити, без зниження якості, адаптацію нових працівників на виробничій дільниці. Вкрай важливим є візуалізація цих документів, що дозволить легко засвоїти необхідну інформацію та сформувати логічну послідовність дій для виконання того чи іншого процесу, а також дозволить оперативно актуалізувати наявні знання [8]. Реалізація цього кроку дозволить:

- знизити брак продукції через невідповідну його якість;
- забезпечення випуску продукції стабільно високої якості;
- розробка візуальних методів контролю безпеки, що дозволить скоротити витрати на переробку неякісного готового продукту;

Крок п'ятий «SHITSUKE» – формування звички дотримання чистоти і порядку на робочому місці. На цьому етапі де-юре затверджуються наказом директора, розроблені на 4-му етапі, «стандарты». Після цього проводяться навчання працівників виробничих дільниць і перевірка отриманих ними знань. Для забезпечення ефективної роботи працівників підприємства згідно розроблених стандартів вводиться система депреміювання [78]. Такі зміни в роботі виробництва дозволять:

- збільшити ефективність роботи працівників внаслідок як стандартизації виконання процесів, так і через мотивацію персоналу на продуктивну працю;
- дотримання правил охорони праці та, відповідно, зниження можливого травматизму працівників підприємства;
- скорочення браку через неухважність, недисциплінованість або некваліфікованість персоналу.

Для практичної реалізації цього інструменту ощадливого виробництва необхідно обрати керівника проекту, який займає керівну посаду і має право приймати важливі рішення і нести за них відповідальність. Для цього йому необхідно:

- розробити програму адаптації системи 5S для підприємства;
- обрати цех, де буде вперше проведено розробку стандартів та впорядкування робочих місць;
- проаналізувати фідбек керівника та працівників цього цеху щодо програми впровадження системи 5S;
- розробити ключові цілі, згідно методу OKR, кожного кроку системи 5S;
- здійснювати контроль виконання поставлених завдань.

Після ефективного впровадження системи 5S в одному цеху керівник переходить до імплементації цього методу ощадливого виробництва на всьому підприємстві.

Перед впровадженням системи на всьому підприємстві необхідно провести для керівників всіх підрозділів одноденний семінар-тренінг. Окрім цього, кожних три тижні вони повинні брати участь у індивідуально-групових консультаціях щодо впровадження системи 5S у своїй структурній одиниці. Спочатку необхідно обговорити теоретичні питання та знайти спільні рішення для тих труднощів, які виникли в процесі впровадження інструменту ощадливого виробництва, а потім провести огляд робочих місць працівників кожної структурної одиниці. Побудова роботи саме за цим принципом дозволить швидко та ефективно досягнути

поставлених цілей, а керівникам та працівникам підрозділів легко перейняти досвід один одного, що дозволить сформувати один напрямок впровадження системи 5S [12, 91].

Оцінити ефекти впровадження системи 5S на вітчизняному підприємстві складно, однак, як засвідчує досвід світових компаній [7] цей інструмент ощадливого виробництва забезпечить:

- швидку та ефективну переорієнтацію виробництва «на споживача»;

- загальний контроль якості, що забезпечить зниження браку, а, отже, і зайвих втрат при виробництві продукту, а також забезпечить стабільно високу якість продукції;

- роботу працівників в групах у межах одної структурної одиниці, яка дозволить обмін емпіричним досвідом при вирішенні полемок чи нестандартних ситуацій. Такі зміни дозволять оптимізувати та стандартизувати не лише сам процес виробництва, а й розробити найефективніший алгоритм вирішення характерних для цієї ділянки невідповідностей;

- дисципліну на робочому місці та належний технічний стан обладнання;

- зростання продуктивності структурної одиниці внаслідок стандартизації її роботи. Ґрунтуючись на стандарті роботи здійснюється картування потоку, що дозволяє розрахувати ефективну продуктивність як цілого цеху, так і окремого фасувального станка чи працівника.

Тим не менш, найважливішим елементом позитивних змін є розробка пропозицій та інновацій «знизу вгору», тобто працівник структурної одиниці робить пропозицію щодо покращення стандарту роботи, пропозиція розглядається, здійснюється перевірка її ефективності, а на основі цифрових даних приймається рішення щодо її впровадження. Для мотивації працівників для внесення пропозицій щодо покращення роботи стандарту необхідно розробити систему преміювання, розмір останньої повинен знаходитися у прямій залежності від економічного ефекту [49].

2. Методика аналізу видів збоїв та їх наслідків («failure mode and effect analysis (FMEA)») фокусується на визначенні пріоритетів критичних збоїв для підвищення надійності системи виробництва, що забезпечить випуск якісного та безпечного продукту з мінімальними втратами. Методика ґрунтується на кількісній оцінці ризиків, що вирізняє її з інших методологій, побудованих на основі суб'єктивної оцінки дослідником чи групою дослідників [142].

Алгоритм реалізації failure mode and effect analysis включає в ряд етапів [5, 37]:

1. Визначення області процесу використання методу та цілей його дослідження – перед початком проведення аналізу необхідно встановити один з процесів або його етап, який необхідно дослідити. При виборі всього процесу хронометраж аналізу буде занадто великий, при цьому, дослідник може пропустити важливий факт на одному з етапів процесу внаслідок великої кількості отриманої інформації. Окрім цього, отримані конструкції опису процесу будуть занадто громіздкі і можуть містити прогалини чи не точності внаслідок перенавантаження дослідника. Тому оптимальним способом проведення аналізу всього процесу є по-крокове дослідження кожного його етапу та, в кінцевому підсумку, зведення отриманих даних в єдину дієву систему. Не менш важливим фактом на підтримку цього шляху аналізу процесу слугують результати впроваджених при цьому змін, які є ефективнішими, порівняно з іншим, розробленими на основі висновків іншого підходу до дослідження процесу [45].

2. Вивчення процесу, який необхідно оцінити – на цьому етапі дослідник проводить аналіз як наявної документації, яка описує цей процес, так і записи самих працівників, які протоколюють основні та критичні параметри процесу впродовж зміни. Окрім цього, важливою частиною аналізу процесу є комунікація з працівниками, які безпосередньо задіяні на кожному з його етапів.

3. Розділення об'єкту аналізу на складові елементи – як і зазначалося вище, доцільно розділяти процес дослідження на складові елементи, які, в подальшому, можна прискіпливо та ефективно проаналізувати, при цьому отримати об'єктивні та достовірні результати, на основі яких будуть прийняті дієві рішення.

4. Наступним кроком у проведенні дослідження ризиків на етапі виробничого процесу є встановлення переліку можливих збоїв у роботі чи поломок обладнання. Цей етап у проведенні аналізу є ключовим, так як саме тут здійснюється перелік усіх відомих втрат, а також цей список доповнюється тими, які не були зафіксовані, але можливі. Для повноцінного опису необхідно зібрати команду спеціалістів, а також працівників, які займаються операційною діяльністю на цьому етапі процесу, що забезпечить як теоретичні, так і емпіричні дані про наявні чи потенційні збої. Таким чином, чим повніший буде список ризиків, тим повніший буде перелік шляхів для їх попередження, а, отже,

система управління буде володіти вищою надійністю, що відобразиться на підтриманні одного рівня якості продукції для внутрішнього чи зовнішнього споживача.

5. Для розуміння потенційного впливу на систему виробництва загалом кожної, описаної вище, загрози необхідно спрогнозувати її наслідки. Отримані результати теоретичного аналізу чи дані, отримані внаслідок вже наявних випадків, дозволять провести ієрархічний розподіл збоїв. На цьому етапі FMEA дослідник повинен об'єктивно оцінювати наслідки виявлених ризиків, а також повторно встановити причинно-наслідкові зв'язки у збоях у роботі системи, які вже відбувалися на підприємстві та задокументовані. Повторний аналіз вже вирішених проблем може бути підданий критиці і кваліфікований як один з видів «муда», але він необхідний для підтвердження достовірності результатів, на яких ґрунтуватимуться подальші рішення для попередження першопричин.

6. На цьому необхідно встановити пріоритетність кожного збою з переліку, сформованого на попередньому етапі. Реалізація цього етапу є однією з найскладніших у всьому аналізі, так як дослідник повинен розробити для себе ряд критеріїв та правил для забезпечення об'єктивності процесу. Такими критеріями можуть слугувати:

- порушення законодавства держави;
- випуск не якісної продукції;
- випуск небезпечної продукції;
- процес виробництва ставить під загрозу здоров'я співробітників;
- випуск продукції, яка не відповідає вимогам замовника;
- фінансові втрати компанії (до цього узагальнюючого поняття відноситься – простої обладнання, неефективне використання робочого часу працівників, додаткова обробка готового продукту для усунення дефектів, тощо).

Із вказаного вище списку на першому місці повинна знаходитися безпека співробітників та споживачів готової продукції, саме тому, при виявленні ризиків, які можуть зумовити подібні наслідки, їм надаються перші місця у списку пріоритетів. Іншим важливим доповненням до загальних умов ранжування є оцифрування результатів за кожним з вказаних вище пунктів, що забезпечить розуміння іншими колегами та керівництвом підприємства принципів роботи дослідника, а також дозволить провести

аналогічний аналіз на іншій ділянці виробничого процесу. Для візуалізації отримані результати можна представити у вигляді діаграми рози вітрів, на кожному векторі якої необхідно відкласти необхідне цифрове значення (рис. 1.7).

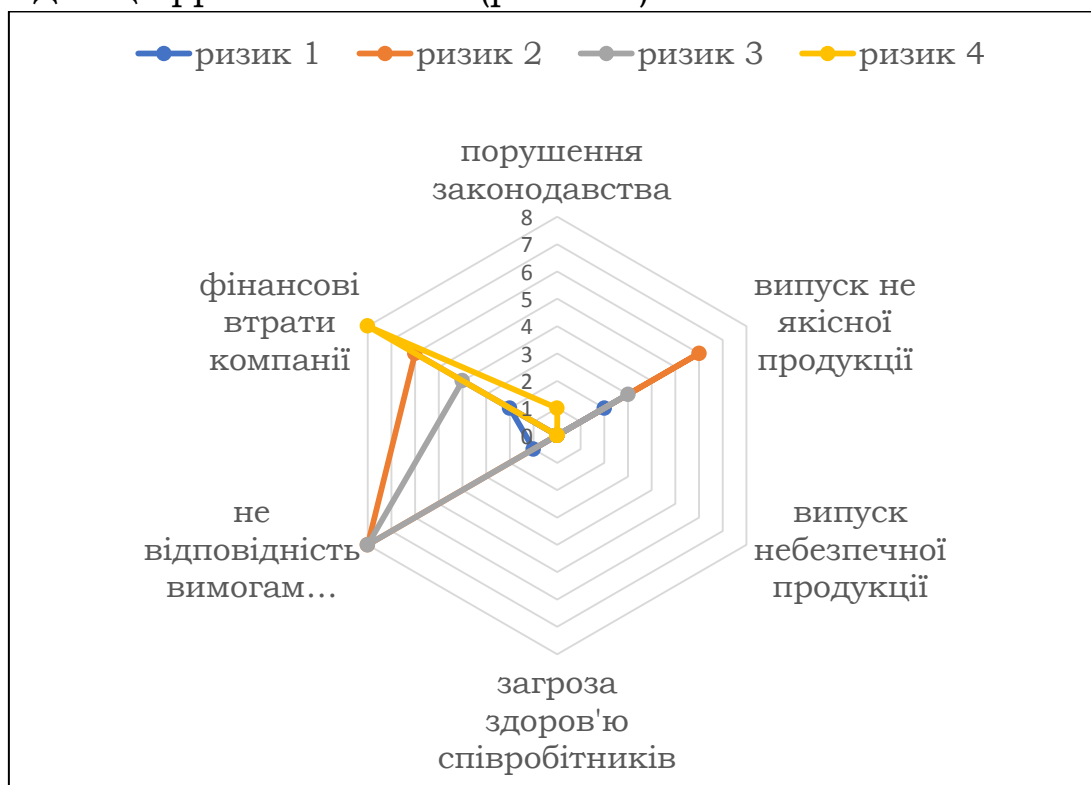


Рис. 1.7. Діаграма аналізу ризиків згідно FMEA

Джерело: розроблено автором

Із представлених даних видно, що за пріоритетом вирішення загроз першим є ризик 4, який може зумовити порушення законодавства держави та зумовити значні фінансові втрати для компанії. Наступним йде ризик 2, який характеризується високими значеннями у категоріях «випуск неякісної продукції», «не відповідність вимогам замовника» та «фінансові втрати». Ризик 3 знаходиться на третьому місці, так як, у трьох категоріях вказаних при описі ризику 2, їхнє значення є нижчим. Найнижчим пріоритетом для вирішення відзначається ризик 1, так як характеризується найнижчими значеннями наслідків для компанії.

Перед останнім кроком у аналізі ризиків за FMEA є виокремлення «вузьких місць» процесу – можливих причин виникнення збою в роботі процесу. Для узагальнення таких причин Rapinder Sawhney та ряд інших авторів [116] виділили чотири основних групи:

1. Персонал – працівники виробничої лінії повинні володіти необхідними знаннями і практичними навичками для ефектив-

ного виконання технологічних завдань та підтримки системи LEAN. Надійність персоналу виробничих дільниць важлива при впровадженні та підтримці ощадливого виробництва, бо імплементація нової системи зумовлює зміну не лише принципів виробництва, а й зміну системи цінностей працівника – зміщення відповідальності за оптимізацію виробничих систем з менеджерів на працівників в гемба [69].

2. Виробниче обладнання. Як показує світова практика, основні сили технічного обслуговування спрямовуються на обладнання, яке безпосередньо задіяне у виробничому процесі та підвищує надійність технологічного процесу [130]. Від якості планових та профілактичних технічних робіт залежатиме ефективність роботи виробничого процесу, що є однією з основних вимог ефективності роботи ощадливого виробництва.

3. Сировина та матеріали. Наявність якісних запасів сировини чи необхідних матеріалів для виробництва є важливою умовою виготовлення продукту відповідної якості. Для досягнення цього необхідно забезпечити ефективну роботу підрозділу постачання та служби контролю якості. Лише в симбіозі цих двох структурних одиниць підприємства можливий підбір сировини та матеріалів необхідного рівня якості, а проведення вхідного контролю попередить виготовлення готової продукції, яка не відповідає вимогам споживачів.

4. Планування виробництва на основі стабільних даних – замовлення від логістичного відділу, наявності даних щодо продуктивності роботи фасувальних станків є першочерговою вимогою системи LEAN.

На термінальному етапі визначення ризиків FMEA дозволяє отримати цифрове значення рівня критичності, яке називається «число пріоритету ризику» («risk priority number (RPN)»), яке розраховується згідно формули:

$$RPN = S \cdot O \cdot D \quad (1.1)$$

S – значимість потенційних збоїв у роботі;

O – ймовірність виникнення збою у роботі;

D – ймовірність виявлення збою.

Вказані фактори визначаються за допомогою кваліметричної шкали (табл. 1.4–1.6) [24], яка представлена значеннями від 1 до 10 для кількісного вираження впливу кожного показника.

Таблиця 1.4

Кваліметрична шкала значимість потенційних збоїв у роботі (S)

Ранг	Ефект	Критерій (значимість наслідків)
1	2	3
10	Високий	Потенційні збої можуть привести до загрози здоров'ю і життю працівників підприємства чи споживачів готової продукції
9		Потенційні збої впливають на безпечне функціонування і/або ведуть до порушення законодавчих норм
8	Середній	Потенційні збої призводять до втрати функціональності всього готового продукту
7		Потенційні збої зумовляють максимальну незадоволеність споживача готовим продуктом
6		Потенційні збої зумовляють значну втрату функціональності готового продукту
5		Потенційні збої зумовляють часткову втрату функціональності готового продукту
4	Низький	Потенційні збої не впливають на функціональність виробу, але призводять до незадоволеності споживача готовим продуктом
3		Потенційні збої не впливають на функціональність виробу, але їх наслідки можуть бути помічені звичайним користувачем
2		Потенційні збої не зумовляють значних наслідків для готового продукту і не будуть помічені звичайним користувачем
1		Потенційні збої не зумовляють видимих дефектів

Джерело: [24]

Високі цифрові значення для S і O вказують на важчі наслідки, які пов'язані з дефектами чи поломками і, відповідно, високу їх ймовірність.

Таблиця 1.5

Кваліметрична шкала ймовірність виникнення збою у роботі (O)

Ранг	Ймовірність	Ймовірність виникнення
1	2	3
10	Дуже висока	Збої практично неминучі (частіше 1 разу в день)
9	Висока	Ймовірність виникнення збоїв 1 раз в 3–4 дні
8		Серійні збої (1 раз в тиждень)
7		Постійні збої (1 раз на місяць)
6	Середня	Часті збої (1 раз в 3–4 місяці)
5		Випадкові збої (1 раз в півроку)
4		Непостійні збої (1 раз в рік)
3	Низька	Рідкісні збої (1 раз в 2–3 року)
2		Можливі випадкові збої (1 раз в 3–5 років)
1		Збій малоймовірний (рідше 1 разу на 5 років)

Джерело: [24]

Високі числові значення для D вказують на вищу неефективність виявлення збоїв у процесі технологічного процесу.

Таблиця 1.6

Кваліметрична шкала ймовірність виявлення дефекту через збій (D)

Ранг	Критерій	Визначення
1	2	3
10	Неможливість виявлення	Наявність дефекту не перевіряється або не може бути знайдено
9	Дефект швидше за все не буде виявлений	Продукт вибірково перевіряється і оцінюється на основі допустимого рівня якості чи браку
8	Велика ймовірність не виявлення	Продукт цілком перевіряється візуально та оцінюється на підставі відсутності дефектів
7	Є ймовірність виявлення	Продукт перевіряється візуально під час процесу виробництва
6	Дуже низька ймовірність виявлення	Продукт досліджується візуально за допомогою еталону
5	Низька ймовірність виявлення	Процес контролюється статистично
4	Середня ймовірність виявлення	Процес статистично контролюється і оцінюється безпосередньо в процесі виробництва
3	Висока ймовірність виявлення	Процес статистично керований
2	Майже повна ймовірність виявлення	Вся продукція перевіряється автоматично
1	Ймовірність виявлення 100%	Вся продукція перевіряється автоматично і дефект не може бути пропущений

Джерело: [24]

Такий класичний і широко прийнятий підхід до реалізації методології FMEA має свої недоліки. Одним з них є те, що різні ймовірні ризики характеризуються різними значеннями S, O і D, при цьому, одні мають незначні для компанії наслідки, що, ймовірно, є одним з визначальних показників пріоритетності, але високі значення O і D, а інші, навпаки, носитимуть критичний характер для компанії при цьому ймовірність виникнення (O) та виявлення (D) у цифровому еквіваленті будуть на середньому чи низькому рівні, але їхнє значення RPN знаходитиметься, практично, на одному рівні, а, отже, ці проблеми будуть еквівалентні одна одній. Таким чином, «число пріоритету ризику» FMEA не дозволяє диференціювати різні наслідки ризику у залежності від їхнього впливу на компанію.

Іншим недоліком цієї методології є те, що команда спеціалістів, які займаються системою FMEA, для досягнення консенсусу

можуть приймати середні значення S, O та D, що може вносити розбіжності при розрахунку «risk priority number». Така особливість цієї системи встановлення рівнів ризику знову приводить нас до аналогічного висновку – ідентичні значення RPN ризиків володітимуть різними наслідками для компанії, а отже, не можуть знаходитися на одному щаблі пріоритетності [105].

На сьогоднішній день є ряд наукових напрацювань, які мали на меті оптимізувати методологію FMEA та нівелювати вказані вище недоліки:

- Bowles і Peláez [51] виразили показники значимості потенційних збоїв у роботі (S), ймовірності виникнення збою у роботі (O) та ймовірності виявлення дефекту через збій (D) як не чіткі ряди чисел для встановлення значення ризику в Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA). За кінцевий результат були обрані значення, які були піддані експертній оцінці з використанням правила «що буде, якщо» («if-then rules»).

- У свою чергу, дослідники Franceschini і Galetto [70] розробили оптимізацію методології FMEA на основі додаткового аналізу показників S, O і D у разі наявності різних для них значень.

- Одну з найбільш прогресивних змін до цієї методології розроблено командою науковців Pillay і Wang [112], які запропонували додаткову обробку отриманих значень показників S, O і D, а також «risk priority number» на основі доказової аргументації («Evidential Reasoning») та «grey relation theory».

- Wang зі своїми колегами [141] у 2009 році розробили багаторівневу систему програмного аналізу, при цьому дослідники використовували принцип нечітких значень пріоритетів ризиків («Fuzzy Risk Priority Numbers (FRPNs)»), а також нечіткі геометричні засоби для зважування нечітких оцінок за появою (O), серйозністю (S) та виявленням (D), які були обчислені за допомогою наборів альфа-рівня («alpha-level-sets») та лінійних моделей програмування («linear programming models»).

Усі вказані модифікації методології FMEA були спрямовані на підвищення її об'єктивності та зменшення суб'єктивного впливу дослідника, але не відбувалося жодних способів її інтеграції у систему ощадливого виробництва. Такий висновок пов'язаний з тим, що значення RPN характеризує пріоритет ризику та підкреслює його ймовірність виникнення та встановлює серйозність для компанії його наслідків, натомість LEAN має на меті попередити такі випадки. Для забезпечення таких можливостей failure mode

and effect analysis дослідники Rapinder Sawhney, Karthik Subbaraman, Christian Sonntag, Prasanna Rao, Venkateswara Rao та Clayton Capizzi [116] розробили інтегральний показник «значення оцінки ризиків» («Risk Assessment Value» (RAV)), яке визначається за формулою:

$$RAV = \frac{S \cdot O}{D} \quad (1.2)$$

Показник RAV у цифровому вираженні – відношення добутку ймовірності його виникнення та серйозності наслідків для компанії до шляхів ідентифікації цього збою. З іншого боку, це значення можна інтерпретувати як співвідношення профілю ризику відмови системи LEAN до показника ефективності розробленою нею методів для виявлення та управління невідповідністю. Сенс цього альтернативного підходу полягає у зміщенні фокусу з ризику як об'єкту аналізу на ефективність розробленої системи виявляти та керувати ним. Такий спосіб дозволяє зосередитися не лише на шляхах зменшення серйозності впливу ризику на підприємства, а й на способах його визначення. Щодо шляхів зменшення негативних наслідків ймовірних збоїв, то тут система LEAN пропонує широкий вибір інструментів для реалізації цього завдання. Показник RAV робить більший акцент на компетентність спеціалістів компанії, які займаються підтримкою системи ощадливого виробництва, так як виражає здатність системи виявляти та керувати невідповідностями.

Із вказаної вище формули розрахунку Risk Assessment Value видно, що на значення чисельника система ощадливого виробництва не має безпосереднього впливу, можливі зміни можуть бути зумовлені лише опосередкованою дією впроваджених способів виявлення та попередження цих збоїв у роботі. Елементи контролю мають меншу здатність впливати на серйозність несправності, оскільки вона не залежить від ідентифікації чи способів її попередження. Єдиним дієвим способом впливу на показник RAV є зміна значення знаменника – ймовірності виявлення збою (D). Саме на це повинні бути зосереджена система LEAN підприємства. [123].

Виходячи з логіки авторів, показник RAV дозволяє оцінити надійність сформованої системи ощадливого виробництва та здійснювати кількісну оцінку ефективності внесених змін. Для практичного застосування було розроблено концептуальну структуру встановлення надійності ощадливого виробництва (рис. 1.8).

На *стратегічному рівні* відбувається визначення відповідності якісних та кількісних характеристик підприємства встановленим вимогам наглядової ради чи інших зацікавлених фізичних і юридичних осіб. На цьому рівні топ-менеджери фокусуються на ефективних та надійних компетенціях, які були визначені керівним складом компанії. Вказані компетенції мають вирішальне значення для майбутнього підприємства та відзначаються результатуючою дією на ключові показники продуктивності:

- лояльність клієнтів до продукції компанії;
- долю ринку, яку контролює підприємство;
- впізнаваність бренду компанії;
- отримання частки доходів з реалізації продукції.



Рис. 1.8. Концептуальна структура системи визначення надійності LEAN

Джерело: [123]

На *стратегічному рівні* проводиться аналіз дієвості додатково впроваджених систем управління вказаних вище компетенцій. До таких систем можна віднести:

- систему постачання сировини та матеріалів;
- система охорони навколишнього середовища;
- система внутрішньої безпеки компанії;
- система безпечності компанії.

На *рівні процесу* кожен систему апроксимують у набір складних взаємопов'язаних процесів, які у загальному понятті керівни-

ків підприємства повністю описують процес. Для реалізації цього можна використати метод картування [104] чи техніку управління проектами [107]. Результатом реалізації однієї з цих двох технік є встановлення лімітуючих ділянок процесів, які володіють найбільшим впливом на їх ефективність. Такі лімітуючі ділянки процесу за допомогою таких факторів, як: час виконання циклу, прибутковість та оборот запасів.

На *рівні робочої ділянки* розглядається, встановлена на попередньому етапі, лімітуюча частина процесу. Дослідники повинні встановити всі «вузькі місця» цієї ділянки для розробки ефективної стратегії їх управління.

На *рівні ресурсів* розглядається, який з чотирьох вказаних вище ресурсів має найбільший вплив на «вузькі місця» лімітуючої ділянки. Для реалізації цього дослідники проводять поетапний аналіз наявних ресурсів та порівнюють з необхідним рівнем кожного з них для забезпечення ефективної роботи системи загалом.

На *рівні виявленої проблеми* розглядається виявлені проблеми у ресурсах системи ощадливого виробництва, а також встановлюється потенційний вплив кожної з виявлених невідповідностей. Для візуалізації причинно-наслідкових зв'язків можна використати деревоподібні діаграми («tree diagrams») [122], а для кількісної оцінки – метод FMEA.

Окрім теоретичних основ Sawhney R., Subburaman K., Sonntag C., Rao Venkateswara, Rao P. та Capizzi C. [123] розробили методологію для оптимізації системи ощадливого виробництва відповідно до встановлених ризиків. Процес розробки шляхів для покращення LEAN проходить через три фази:

Фаза 1 – звуження фокусу - на цьому етапі проводиться GAP аналіз наявного стану ощадливого виробництва у порівнянні з «ідеальними умовами» бізнес-середовища [126].

Фаза 2 – розробка бази знань – на основі результатів отриманих на попередньому кроці методики, проводиться фокусування на виявленні проблем в кожному з чотирьох ресурсів. Система здатна накопичувати наявну інформацію та використовувати як шаблон готового рішення для вирішення проблематики схожого характеру.

Фаза 3 – пріоритизація можливостей для підтримки та оптимізації наявного рівня ощадливого виробництва – на цьому рівні використовується метод FMEA для визначення RPN та RAV. Отримані дані дозволять правильно розподілити наявні ресурси для нівелювання першочергових ризиків.

Результати FMEA автори дослідження пропонують оформити у формі таблиці, яка містить стовпці:

1. Ресурс ощадливого виробництва – один з чотирьох ресурсів LEAN – персонал, обладнання, матеріали та планування.

2. Ідеальні бізнес-умови – основні вимоги ощадливого виробництва для кожної категорії ресурсів. Цей перелік носить індивідуальний характер для кожної з компаній, тим не менш, можна навести універсальний перелік потреб для кожного ресурсу.

Персонал:

- наявність персоналу відповідної кваліфікації;
- здібні працівники з наявним практичним досвідом;
- виконання виробничих операцій без помилок;
- персонал з високою мотивацією до виконання виробничих завдань;
- організація робочого місця та підтримка його у належному стані;
- дотримання атмосфери взаємоповаги в колективі;
- формування ефективної комунікації всередині колективу;
- підтримання ефективності роботи на високому рівні.

Обладнання:

- наявне обладнання відповідає виробничим вимогам;
- обладнання володіє необхідною потужністю для виконання робіт;
- обладнання має необхідні можливості для виконання запланованих робіт;
- обладнання каліброване і дозволяє проводити заплановані роботи з необхідною точністю;
- обладнання піддається простому переналаштуванню;
- обладнанню проводять систематичне профілактичне обслуговування;
- обладнання підтримує ефективність виробничого потоку.

Матеріали:

- невеликі за об'ємом та систематичні поставки матеріалів;
- доставка матеріалів згідно графіка;
- доставка матеріалу у необхідній кількості;
- доставка матеріалу необхідної якості;
- якісна система приймання матеріалів та складів для його зберігання;
- можливість швидкого транспортування матеріалу зі складу до виробничої дільниці у необхідних кількостях для підтримання ефективності виробничого потоку;
- якісна система ідентифікація отриманих матеріалів.

Планування:

- точний прогноз на майбутню кількість випущеного продукту;

- клієнти підтримують замовлення на одному рівні;
- система планування ресурсів (ERP) працює на високому рівні;
- планування випуску продукції ґрунтується на виробничих потужностях;

- відсутність форс-мажорних випадків;

3. В третьому стовбці необхідно внести цифрову відповідність наявної ситуації до кожного з пунктів у стовпці № 2 за десятибальною шкалою, згідно якої 1 – не відповідає взагалі, тоді як 10 – повна ідентичність.

4. В четвертому стовпці необхідно оцифрувати ймовірність виникнення збоїв у вказаному напрямку аналізу роботи підприємства. Цей показник відповідає значенню «О» з системи аналізу FMEA.

5. Необхідно лапідарно описати наслідки виникнення вказаного збою для процесу.

6. У шостому стовбці таблиці необхідно внести значення від 1 до 10 серйозності наслідків збою, цей показник аналогічний значенню «S» з системи аналізу ризиків FMEA.

7. Вказати перелік інструментів системи ощадливого виробництва для управління прогнозованим збоєм.

8. У дев'ятому стовбці необхідно оцінити ефективність наявних інструментів для виявлення цих збоїв та вказати їм цифрове значення у межах шкали від 1 до 10. Цей показник аналогічний значенню «D» з системи аналізу ризиків FMEA.

9. Після цього необхідно розрахувати значення RAV.

10. В останньому стовпці необхідно вказати інструменти ощадливого виробництва для мінімізації виникнення цього збою.

Таким чином, показник RAV та запропонована зведена таблиця є більш інформативними з точки зору управління невідповідностями, які можуть виникнути в процесі роботи виробничої лінії чи іншої структурної одиниці підприємства (табл. 1.7), порівняно з простим аналізом ризиків FMEA та добутком RPN. Отримані дані забезпечують якісну та кількісну оцінку впроваджених змін та дозволяють встановлювати все нові ймовірні збої. Розробка алгоритму дій при виникненні збоїв чи неполадок у системі дозволить максимально забезпечити ефективність системи ощадливого виробництва та підвищить її надійність. Систематична робота крос-функціональної групи над моніторингом вже виявлених ризиків та аналізом наявних бізнес умов, які, можливо, зумовляють нові труднощі в роботі, забезпечить стабільність роботи системи LEAN, що, в свою чергу, дозволить випускати готовий продукт стабільної якості, а отже, зберегти ринок збуту або збільшити його.

Таблиця 1.7

Зведена таблиця аналізу ризиків згідно модифікованої методології FMEA

Ресурс ошадного виробництва	Ідеальні бізнес-умови	Актуальний стан	Ймовірність виникнення «0»	Ефект	Серйозності наслідків «S»	Контроль	Ефективність контролю «D»	RPN	RAV	Інструменти LEAN для попередження ситуації
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Персонал	здібні праців- ники з наяв- ним практич- ним досвідом	4	9	отримання недостовірних результатів досліджень	9	– періодичний контроль теоретич- них та практичних знань працівників лабораторії методів досліджень; – щорічне прове- дення валідації методів аналізу кожним працівни- ком лабораторії;	5	405	16,2	проведення тренінгів для персоналу щодо: – аналітичної хімії; – статистики в аналітичній хімії; – побудови алгоритму проведення досліджень.
	робота без помилки	6	7	– випуск продукту з дефектами; – додаткові втрати для компанії; – зниження лояльності до компанії споживача.	9	– аналіз роботи змінним хіміком/ інженером-хіміком/ начальником лабораторії; – побудова системи підтвердження виявленої невідповідності змінним хіміком/ інженером-хіміком/ начальником лабораторії; – використання точніших методів аналізу (арбітраж-	5	315	12,6	адаптація принципів Рока Уоке до проведення фізико-хімічних досліджень – розробка стандартів роботи на паперових та електронних носіях

Ресурс ошадного виробництва	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ідеяльні бізнес-умови	Актуальний стан	Ймовірність виникнення «О»	Ефект	Серйозності «S»	Контроль	Ефективність контролю «D»	RPN	RAV	Інструменти LEAN для попередження ситуації		
							7 них); – автоматизація процесу дослідження проб; – впровадження в практику лабораторії елементи математичної статистики; – використання карти Шухарта;	8	9	10	11
підтримання ефективності роботи на високому рівні	6	7	– матеріальні втрати для підприємства через додаткову обробку дефектного продукту; – зниження рівня задоволення внутрішнього споживача.	7	– підтримка робочого такту; – підтримка робочого місця у належному стані; – дотримання стандартів роботи.	4	196	12,3	– організація робочих місць згідно принципів 5S; – картування процесів.		
ефективна організація комунікації між працівниками лабораторії та з працівниками підприємства	6	6	– отримання не репрезентативних даних щодо партії продукту; – запізнілі коригування у разі отримання невідповідних результатів; – отримання продукту не	7	– забезпечення ідентифікації проб штрих-кодом; – формування онлайн звітів в електронному варіанті для зацікавлених осіб, щодо результатів аналізу; – дотримання робочого такту праців-	3	126	14	– розробка стандартів роботи; – картування процесу.		

Ресурс	виробництва	Ідеальні бізнес-умови	Актуальний стан	Ймовірність виникнення збоїв «О»	Ефект	Серйозності наслідків «S»	Контроль	Ефективність контролю «D»	RPN	RAV	Інструменти LEAN для попередження ситуації
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	мультифункціональні працівники	8	3		Відповідної якості; – отримання продукту не відповідної якості; – матеріальні втрати для підприємства через додаткову обробку дефектного продукту; – зниження рівня задоволення внутрішнього споживача.	7	– проведення крос-функціональних навчань;	3	63	7	формування матриці для проведення крос-функціональних навчань працівників лабораторії
	калібрування обладнання	8	6		– отримання продукту не відповідної якості; – матеріальні втрати для підприємства через додаткову обробку дефектного продукту; – отримання недостовірних результатів досліджень; – зниження рівня задоволення внутрішнього споживача.	7	– розробка карт Шухарта; – впровадження практики використання стандартних взірців для перевірки якості роботи обладнання;	7	294	6	– розробка та впровадження алгоритму проведення перевірки якості роботи обладнання;

Обладнання

Ресурс ошадного виробництва	Ідеальні бізнес-умови	Актуальний стан	Ймовірність виникнення «О»	Ефект	Серйозності наслідків «S»	Контроль	Ефективність контролю «D»	RPN	RAV	Інструменти LEAN для попередження ситуації
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	підтримка ефективного поточного проведення досліджень	9	5	– отримання недостовірних результатів досліджень; – зниження рівня задоволення внутрішнього споживача.	7	– розробка карт Шухарта; – впровадження практики викорис- тання стандартних взірців для пере- вірки якості роботи обладнання; – вчасне проведен- ня технічного огляду обладнання.	8	280	4,4	– розробка графіку періодичного технічного огляду обладнання.
	доставка реак- тивів та роз- хідних матері- алів згідно замовлення	9	3	– не можливість проведення необхідних досліджень або отримання недостовірних результатів аналізу; – матеріальні втрати для підприємства.	9	– формування замовлення на постачання вчасно; – робота з поста- чальником.	9	243	3	– розробка стандартів роботи.
Матеріали	доставка реактивів та розхідних матеріалів відповідної якості та згідно замовлених кількостей	9	3		9	– надання поста- чальнику характе- ристику необхідних реактивів та матеріалів; – проведення вхід- ного контролю реактивів та матеріалів.	8	216	3,4	

Джерело: розроблено автором

3. Ще одним методом, який використовує LEAN для досягнення необхідних результатів, є кайдзен, що з японської мови можна перекласти як KAI – «зміни» та ZEN – «мудрість», «кращий», «до кращого». Ця система декларує необхідність постійного вдосконалення як технологічних аспектів виробництва, так і невиробничих процесів підприємства загалом. Значну увагу цей метод приділяє персоналу підприємства як основному активу компанії. Термінальним продуктом впровадження цієї системи є самостійна розробка нових технологій або імплементація адаптованих під власні процеси передові здобутки науки [9].

Вперше кайдзен було розроблено у Японії в компанії «Toyota» для оптимізації процесу машинобудівництва. На сьогодні цей метод ощадливого виробництва впроваджено і на інших японських автомобільних концернах: Nissan, Komatsu та Honda, тоді як в країнах пострадянського простору, то найбільших успіхів у його використанні здобули дві російських компанії – ГАЗ і РУСАЛ. Звісно, кайдзен показує високу ефективність в автомобільній галузі, тим не менш, відомо ряд компаній інших напрямків виробництва, де впровадження цього методу дозволив досягнути подібних результатів – Canon та Matsushita [6].

З точки зору емпірики, кайдзен – практика ощадливого виробництва, під егідою якої впроваджуються і інші методики LEAN, саме тому, цю концепцію зображають у вигляді парасолі. Найчастіше до кайдзен входять такі методи: 5S, цикл PDCA, TQC, гуртки контролю якості, система «JIT», канбан, гемба та інші.

Саме завдяки цим методам можна оптимізувати процес виробництва на підприємстві, забезпечити його стандартизацію, прогнозованість результатів та здатність впровадити необхідні зміни на будь-якому з етапів процесу без значних фінансових затрат на це. Постійний розвиток та оптимізація окремих процесів та всієї системи виробництва загалом носить покроковий характер (рис. 1.8). Кінцевим результатом цього розвитку повинно стати максимальне зниження затрат компанії, які не створюють додаткову цінність для продукту або не створюють для нього додаткової вартості для споживача [14].

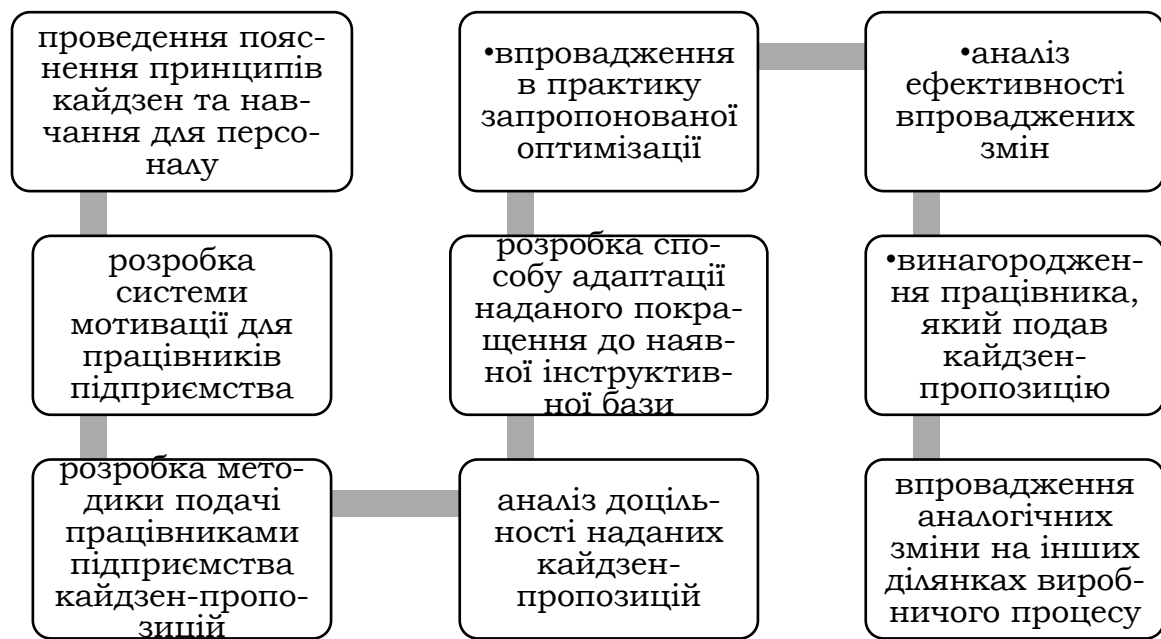


Рис. 1.8. Етапи реалізації системи кайдзен у виробництві

Джерело: [16]

Впровадження методики кайдзен має ряд особливостей, саме тому для їх розуміння необхідно розглянути кожен етап його впровадження:

1. Так як для покращення виробничих процесів залучаються всі працівники підприємства, починаючи від керівництва вищого ешелону і закінчуючи рядовим співробітником компанії, тому навчання принципів кайдзен проводиться для всіх працівників підприємства, незважаючи на їхню посаду. Цей принцип є вкрай важливий для загального успіху компанії, так як будь-який працівник здатний внести пропозиції щодо оптимізації процесу, які зменшать втрати для підприємства. При цьому не потрібно нехтувати пропозиціями рядових працівників, так як навіть незначна економія на основі впровадженої ідеї носить не так економічний ефект, як мотивуючий, який, виходячи із закону діалектики, забезпечить кількісні зміни у якісні. Окрім цього, залучення топ-менеджерів буде додатково мотивувати працівників підприємства, так як вказуватиме на важливість цього процесу.

2. Всі працівники підприємства, в ідеалі, є високо мотивовані до виконання необхідних робіт, але виходячи з світової практики, відсоток таких співробітників не перевищує 10% [38]. Для забезпечення залучення працівників до цієї практики необхідно розробити систему мотивації за надання ефективних ідей щодо зменшення втрат компанії чи оптимізації процесу виробництва. Система винагороди, звісно, може бути як матеріальна, так і нематеріальна, але, враховуючи досвід багатьох компаній, матеріальна

мотивація є більш ефективною. Окрім цього, необхідно розглянути можливість впровадження системи регулювання матеріальної винагороди для працівника підприємства, який надав кайдзен-пропозицію, відповідно до рівня її економічного ефекту [97]. Така система забезпечить як необхідний рівень мотивації працівників, так і справедливий рівень винагороди за ідеї, які надали працівники підприємства.

3. Наступним кроком впровадження кайдзен є розробка системи подачі ідей щодо покращення працівниками підприємства. Цей етап, на перший погляд, не складає жодних складнощів, тим не менш, потребує скрупульозної розробки. Така велика увага до розробки способу подачі ідей пов'язана з тим, щоб працівник міг он-лайн аналізувати, на якому етапі розгляду знаходиться його пропозиція, а також для групи експертів, які розглядають цю ідею, було просто її отримати та внести отримані висновки щодо неї. Таким способом, очевидно, є система електронної подачі кайдзен-пропозицій, при цьому кожній з них буде надаватися індивідуальний номер, за яким можна буде відслідковувати прогрес її аналізу. Цей спосіб забезпечить як оперативність подачі ідей, так і прозорість їх розгляду, а отже, підтримуватиме високий рівень мотивації працівників.

4. Для аналізу доцільності наданої пропозиції необхідно створити групу експертів з різних напрямків роботи підприємства, які, поміри надходження ідей для оптимізації, аналізуватимуть їхню можливу ефективність. Важливим аспектом їхньої роботи буде залучення лише окремих експертів, у залежності від напрямку впровадження оптимізації, що не забезпечить ефективність роботи всієї групи та не вплине на якість роботи інших відділів підприємства.

Для забезпечення стандартизації роботи групи необхідно встановити загальні показники, які вказуватимуть на ефективність запропонованої ідеї, окрім цього, експерти, які відповідають за окремий напрямок розгляду кайдзен-пропозицій, можуть внести специфічні «індикатори». Після розробки такої системи розгляду запропонованих ідей, її необхідно донести до працівників підприємства, що зменшить подачу пропозицій, які не володіють достатнім потенціалом, а отже, зменшиться і час неефективного використання робочого часу спеціалістів підприємства.

5. Після того, як запропонована ідея була розглянута групою спеціалістів та визнана як ефективна, розглядається можливість її адаптації до наявної інструктивної бази, цей етап є важливим з точки зору принципів стандартизації процесів та системи НАССР. Найчастіше використовують принцип опису процесу впроваджен-

ня запропонованої ідеї у формі внутрішнього розпорядження, з яким ознайомлюють працівників ділянки виробничого процесу, для якої вона була розроблена. Такий спосіб реалізації цього етапу забезпечує оперативність впровадження змін для перевірки їх ефективності та ознайомлення працівників виробничої ділянки для забезпечення однакового способу виконання цього етапу процесу, що обумовить максимальну достовірність отриманих результатів, а отже, і об'єктивність сформованих на їх основі висновків.

6. Після роботи ділянки виробничої лінії з впровадженими змінами проводиться аналіз їх ефективності, перевірка проходить відповідно до визначених показників. По завершенню перевірки члени групи формують короткий, але змістовний висновок щодо ефективності впроваджених змін, який надається для ознайомлення розробнику кайдзен-пропозиції та направляється у фінансовий відділ для нарахування винагороди.

7. Аналіз отриманого досвіду іншими членами групи для можливого впровадження подібних змін на інших ділянках виробничого процесу.

Запровадження системи кайдзен дозволить забезпечити отримання ідей для покращення на регулярній основі, звісно, більшість з них не зумовлять глобальних змін, а залишаться на рівні незначних покращень окремих виробничих ділянок чи процесів, тим не менш, саме в цьому і полягає сенс цієї методики. Для отримання значних економічних результатів необхідний значний час та кількість впроваджених змін, але впровадження такої практики в перспективі є вкрай ефективною, що підтверджує компанія Toyota, яка за 60-ти річний період досягла значних успіхів в бізнесі, здобула лідируючі позиції в сфері машинобудування і на сьогодні є вкрай конкурентоздатною компанією на світовому ринку.

Як зазначалося раніше, щоденна оптимізація (кайдзен) не потребує серйозних фінансових вкладень, а вимагає лише використання інтелекту працівників, який забезпечить полегшення виконання їхньої рутинної роботи та отримання за це матеріальної винагороди. Результати кайдзен непомітні, так як їхній ефект є незначний, тим не менш велика кількість покращень на термінальному етапі заміру принесе значний економічний ефект для підприємства. На противагу такого підходу до оптимізації роботи використання інноваційних (проривних) технологій зумовить швидкий економічний ефект, але потребує значних інвестицій для їх отримання, при цьому, з часом вони втрачатимуть актуальність та приносятимуть все менше вигоди, що зумовить постійну потребу в модернізації обладнання.

Така відмінність у підходах між кайдзен та традиційним менеджментом є визначальна для забезпечення постійного поступу та посиленням конкурентоздатності компанії. Інші відмінності між цими типами менеджменту представлені у таблиці 1.8 [16].

Таблиця 1.8

Основні відмінності між традиційним- та кайдзен-менеджментом

Характеристики	Традиційний менеджмент	Кайдзен-менеджмент
1	2	3
Кінцева ціль	Обійти конкурентів	Завоювати споживачів
Ринок збуту	Компанія виробляє все що може виготовити з наявної сировини	Компанія виготовляє продукцію, яку диктує споживач/попит
Орієнтація менеджменту	На результат	На організацію процесу виробництва та на результат
Культура менеджменту	Проблеми вирішуються по мірі їх накопичення	Всі дії менеджменту спрямовані на попередження виникнення проблеми
Зміни в процесі роботи	Консервативний підхід – мінімум змін, якщо ж проходять, то глобальні	Зміни повинні відбуватися щоденно
Роль керівника	Бос	Тренер
Ставлення до персоналу	Співробітники розглядаються як засоби для отримання прибутку	Співробітники розглядаються як основний актив компанії
Вирішення проблем	Пошук вирішення проблеми ведеться у кімнаті переговорів	Пошук вирішення проблеми ведеться на місці її виникнення
Робоче місце	Розглядається як джерело проблем	Розглядається як можливість для покращень
Навчання персоналу	Проводиться лише для певного кола працівників	Проводиться для всіх працівників
Методи роботи	Спрямовані на підтримання системи	Спрямовані на покращення системи
Управлінська інформація	Доступ до корпоративної інформації обмежений	Доступ до інформації відкритий
Відповідальність персоналу	Відповідальність групи	Персональна відповідальність працівника
Ставлення до проблем	Факт появи проблеми – проблема для системи	Проблеми розглядаються як можливості до покращення
Пошук першопричини проблеми	Система не розрахована на пошук першопричини проблеми	Система спрямована на пошук першопричини проблеми
Причина до змін	Головним критерієм є прибуток, якщо він є, тоді не потрібно нічого змінювати	Потреба в задоволенні вимог клієнта та бажання їх перевершити
Участь в змінах	Спеціалісти або спеціально для цього обраний персонал	Всі працівники компанії
Показники компанії	Найважливіше підвищити середні показники компанії, не враховуючи відхилення від них	Важливо усунути відхилення від середнього значення
Інновації	Консерватизм	Бажання все покращити
Формування цілей	Виконавці володіють обмеженими можливостями у формуванні чи корегуванні цілей	До формування цілей залучаються виконавці
Об'єкт контролю	Контролюються результати процесу – прибуток, об'єм продажу, тощо	Контролюються показники процесу – час виконання процесу, якість кінцевого продукту, рівень задоволення споживача
Орієнтація виробника	На акціонерів	На споживачів

Джерело: розроблено автором

Ще одним методом забезпечення підвищення якості готової продукції є «захист від помилок» або «Рока-Уоке». Автором цієї концепції у 1961 році став Сігео Сінго, який розробив її для підвищення якості та зменшення втрат компанією, тим не менш, необхідно зазначити, що ще в 1908 році на виробничих потужностях заводу Ford використовувалися основні принципи цієї концепції. На сьогодні в літературі немає єдиного трактування цього методу, так Shingo S. [129] вказує на те, що пока-йоке є механізмом для встановлення поломок та дефектів в готовому продукті, який перевіряє 100% всієї продукції та здійснює свою роботу незалежно від персоналу компанії та оператора станка, на якому він реалізований. В свою чергу Grout J. [74] розглядає цей метод в схожому ключі – використання технологічних або конструктивних особливостей для попередження виникнення помилок або негативного впливу помилок на готовий продукт. Незважаючи на те, що цих два автори підкреслюють технічну сторону цієї концепції, між ними є значна розбіжність: перший автор вказує на роль пока-йоке на рівні відсіювання вже дефективної продукції, тоді як інший – на рівні попередження випуску бракованої продукції.

Інші науковці зосереджуються не лише на технологічній стороні цієї методики, а розглядають її значно ширше, так Middleton P. [102] декларує роль пока-йоке в усуненні помилок шляхом встановлення їхньої першопричини, тим не менш ще в 1997 році таке трактування цієї концепції сформував Plonka F. [113], який вказував на роль пока-йоке у встановленні, усуненні чи виправленні помилок на первинному етапі, до того, як продукт з дефектом отримає споживач. Інші дослідники інтерпретують цей підхід до забезпечення випуску якісної продукції за допомогою емпірично-практичних прикладів, таких як датчики, механізми чи засоби та перейменовують цю методику в захист від помилок, прикладом чого є «mistake-proofing» [55] та «error-proofing» [95].

Найчастіше рока-уоке розглядають як пристрій або механізм, який здатний попередити або визначити відхилення в готовому продукті чи в цілому виробничому процесі, які можуть негативно вплинути на якість чи безпечність термінального продукту, обладнання чи здоров'я працівників виробничого процесу. Для досягнення цих цілей розробляються три типи пристроїв [82]:

1. фізичні – ці механізми дозволяють автоматично блокувати у визначених випадках подачу ресурсів (сировини, електроенергії, води, тощо);

2. функціональні – ці механізми можуть бути використані для попередження чи повторного виникнення аналогічної ситуації (блокування керування окремими процесами, встановлення паролів на панель зміни налаштувань, тощо);

3. символічні – способи оптимізації виробничого процесу, які не мають фізичного впливу на процес, але при відповідній їх інтерпретації працівниками підприємства дозволяють попередити формування втрат (знаки безпеки чи інші умовні позначення).

В той же час Hollnagel E. У своїй статті [82] зазначає, що нематеріальні засоби управління виробничим процесом (правила, інструкції чи процедури) не є засобами системи пока-йоке, так вони можуть бути по-різному інтерпретовані працівниками підприємства та не присутні в той момент, коли вони необхідні.

У своїй науковій праці Shingo S. [129] виділив чотири основних типи перевірки виробничого процесу чи готового продукту, які здійснюють механізми системи пока-йоке:

а) перевірка сировини чи першого елемента в процесі виготовлення готового продукту;

б) самодіагностика – перевірка правильності здійснення технологічної операції або перевірка якості проміжного продукту, який виготовлений на цьому виробничому етапі;

в) перевірка якості продукту на кожному наступному етапі його переробки, тобто, на кожному з етапів технологічного процесу проходить напівфабрикат «вхідний контроль», що забезпечує виявлення бракованих елементів на ранніх етапах виробництва;

г) перевірка якості напівфабрикату один раз на кожних дві або більше виробничих операції.

Таким чином, типи перевірки (а), (в) і (г) відносяться до реактивного типу механізмів рока-уоке, які спрямовані на встановлення дефекту та сигналізації про нього, у той же час тип (б) є проактивним, який дозволяє попередити виготовлення бракованого напівфабрикату чи вже готового продукту. З точки зору побудови виробничих і технологічних процесів, а також принципів LEAN проактивні механізми є пріоритетними у порівнянні з активними, але не завжди технічно чи технологічно їх можливо реалізувати. Окрім цього, вони не завжди матимуть відповідний економічний ефект, так як, зазвичай, потребують значних капіталовкладень, які при використанні високоякісного виробничого обладнання не дозволять швидко окупитися.

Окрім класифікації типів перевірок механізмів пока-йоке, Shingo S. розділив їх за функціональною складовою на управлінські та попереджувальні. Так, до управлінських належать механізми, які здатні виконати такі дії:

- блокування роботи виробничого станка чи виконання ручних робіт оператором при виявленні на лінії невідповідності;
- блокування можливості змін параметрів роботи виробничого обладнання;
- автоматичне відбракування дефектного напівфабрикату чи готового продукту з виробничої лінії.

Тоді як попереджувальні механізми системи рока-йоке сигналізують оператору виробничого обладнання про виявлення несправності чи дефектного продукції. Спосіб оповіщення, зазвичай, реалізується за допомогою світлового чи звукового сигналу.

Реалізація механізму пока-йоке здійснюється згідно алгоритму, представленому на рис. 1.9. На першому етапі реалізації методики рока-йоке проводиться визначення етапу технологічного процесу, на якому відбувається формування дефекту напівфабрикату чи готового продукту. Для цього необхідно провести аналіз відбракованої продукції працівниками підрозділу виробництва, головним технологом та працівниками служби безпеки та якості і встановити параметри, які не відповідають затвердженим значенням. Окрім цього, працівники лабораторій можуть провести необхідні додаткові дослідження, які не входять в стандартний набір аналізів для перевірки якості продукції, що забезпечить підрозділ виробництва важливою додатковою інформацією. На основі отриманих даних працівники підрозділу виробництва та головний технолог формують висновок про етап технологічного процесу, на якому виникають такі невідповідності.

На наступному етапі відбувається встановлення каузальності виникнення цих дефектів, для цього проводиться ознайомлення зі всіма наявними даними членів крос-функціональної групи та проводиться систематична робота по кількісній оцінці кожної з можливих причин виникнення дефектів такого типу.

Кількісну оцінку можливих причин виникнення дефектів під час виробництва ефективно проводити за допомогою методики оцінки ризиків FMEA. Для цього необхідно виділити основні групи можливих причин виникнення невідповідностей, наприклад, «людський фактор», «фасувальний станок», «пакувальні матеріали/комплектуючі» та «технологічні параметри».

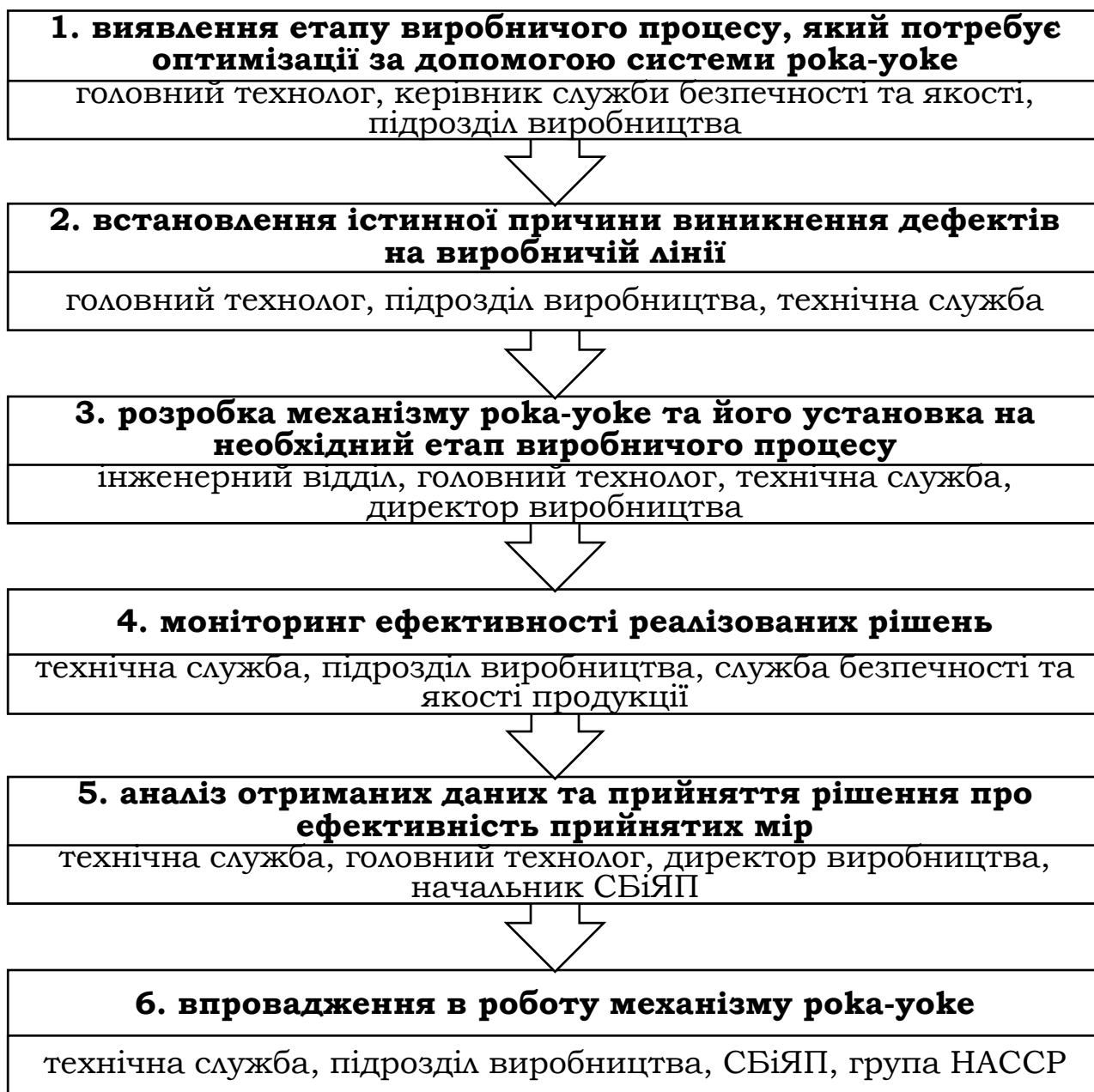


Рис. 1.9. Алгоритм впровадження механізму рока-уоке на виробництві

Джерело: розроблено автором

Виокремивши основні групи можливих причин виникнення дефектів, члени групи організують мозковий штурм для встановлення можливої першопричини дефектів відповідно до кожної групи каузальності. Отримані результати можна оформити за допомогою діаграми Ішікави або у традиційному табличному форматі. Встановивши всі можливі причини для кожної групи, члени крос-функціональної групи проводять абдукційну оцінку їх можливого впливу на виникнення дефекту. Приклад такого аналізу представлений у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9

**Оцінка причин виникнення дефектів готового продукту
за допомогою FMEA**

№ п/п	Причина можливого дефекту	S	O	D	RPN
1	2	3	4	5	6
Людський фактор					
1	Кваліфікація	5	6	3	90
2	Стан здоров'я	2	2	2	8
3	Не правильне проведення ТО	3	4	4	48
4	Не правильний візуальний контроль оператором виробничого процесу	6	6	7	252
Фасувальний станок					
1	Збій такту роботи	5	4	3	60
2	Збій при переналаштуванні станка	6	3	3	54
3	Зношеність деталей станка	7	5	2	70
4	Збій у програмному забезпеченні станка	6	2	8	96
Пакувальні матеріали/комплектуючі					
1	Неякісні пакувальні матеріали	7	4	5	140
2	Неякісні комплектуючі	7	4	3	84
Технологічні параметри					
1	Швидкість подачі продукту	5	4	3	60
2	Температура продукту	4	3	2	24
3	В'язкість продукту	4	3	2	24
4	Відповідність підбору заквашувальних культур для термостатного продукту	6	4	4	96

Джерело: розроблено автором

Виходячи з отриманих даних, можна скласти діаграму Парето (рис. 1.10), яка дозволить виокремити першочерговий показник, який необхідно оптимізувати. Для проведення необхідних статистичних розрахунків припустимо, що найвище значення RPN можливої причини виникнення дефектів є показником цілої категорії, таким чином, у таблиці 1.10 представленні необхідні значення для візуалізації цих даних.

Таблиця 1.10

Дані для побудови діаграми Парето

Причина можливого дефекту	RPN	Кількість можливих дефектів, шт	Накопичення дефектів, %	Поріг, %
1	2	3	4	5
Людський фактор	252	252	43,2	80
Пакувальні матеріали/комплектуючі	140	140	24,0	
Фасувальний станок	96	96	16,4	
Технологічні параметри	96	96	16,4	
$RPN_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (RPN_i) = \frac{1}{4} (252 + 140 + 96 + 96) = 146$				

Джерело: розроблено автором

Таким чином першочерговою проблемою є людський фактор, який зумовляє найвищий показник дефектів. Окрім цього, виходячи з показників RPN, можна кількісно оцінити граничне значення ризиків, які потребуватимуть розробки механізму пока-йока. Для цього необхідно розрахувати середнє значення показника ризиків кожної каузальної причини, отримане значення буде межею, нижче якої ризики приймаються компанією, тоді як значення RPN вище цієї цифри, вказуватиме на необхідність розробки механізмів його контролю.

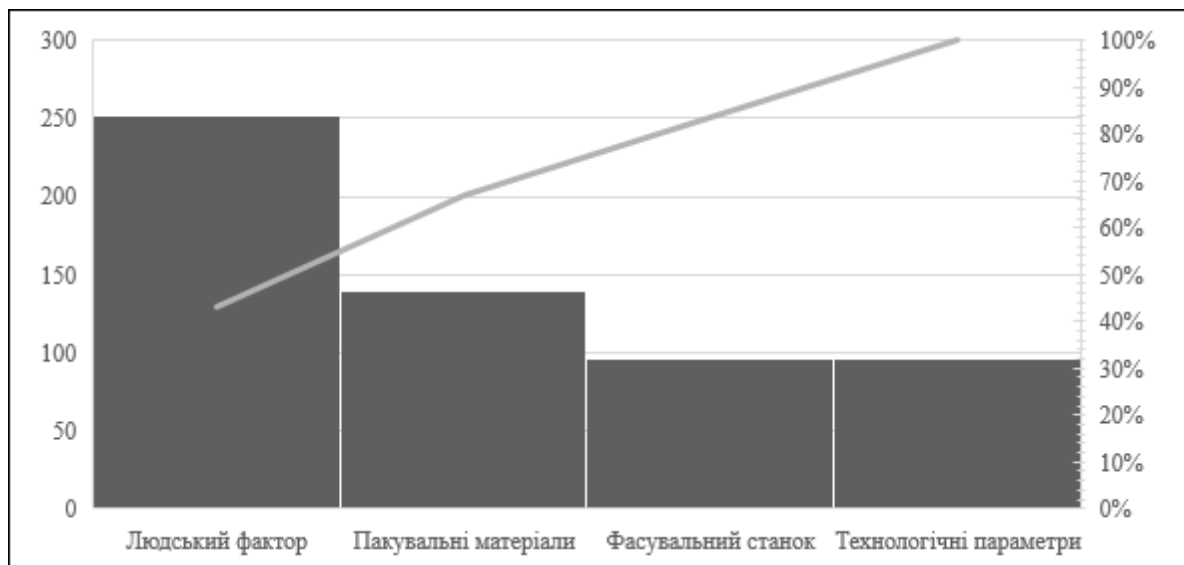


Рис. 1.10. Діаграма Парето оцінки причин виникнення дефектів

Джерело: розроблено автором

Отримані дані вказують на необхідність розробки механізму рока-йоке для зниження людського фактору, а саме – «неправильний візуальний контроль оператором виробничого процесу». Для цього члени крос-функціональної групи повинні розробити візуальну інструкцію з демонстрацією якісної перевірки кожного елементу виробничого процесу, що повинно забезпечити зниження відсотку випуску бракованої продукції.

Наступним важливим етапом впровадження рока-йоке є перевірка його ефективності та прийняття рішення щодо реалізації для рутинної роботи. Звісно, цей процес може бути інтерпретований просто – зменшення проценту бракованої продукції, тим не менш, для всебічної кількісної оцінки якості інстальованого способу попередження дефектів є розробка відповідних критеріїв оцінки. Виходячи з ряду досліджень авторів [34, 74, 81, 102, 113,

128, 135] можна виділити п'ятнадцять ознак рока-юке, які дослідниками були розділені на дві категорії:

1. характеристики якості попередження дефекту (табл. 1.11);
2. наявність ознак інтеграції механізму пока-йоке в роботу підприємства (табл. 1.12).

Таблиця 1.11

Характеристики якості виявлення дефекту механізмом рока-юке

№ п/п	Характеристика	Кількість балів
1	2	3
1	Механізм рока-юке володіє як здатністю до контролю процесу, так і добре помітною здатністю сигналізування про виявлені збої	4
	Механізм рока-юке володіє здатністю лише контролю процесу	3
	Механізм рока-юке володіє добре помітною здатністю сигналізування про виявлені збої оператору	2
	Механізм рока-юке володіє здатністю сигналізування про виявлені збої оператору	1
	Механізм рока-юке не володіє здатністю до контролю процесу чи сигналізування про виявлені збої оператору	0
2	Механізм рока-юке проводить перевірку першопричини дефектів	4
	Механізм рока-юке забезпечує самоаналіз процесу	3
	Механізм рока-юке забезпечує послідовну перевірку продукту	2
	Механізм рока-юке проводить лише оцінку готового продукту чи напівфабрикату	1
	Механізм рока-юке не здійснює перевірки	0
3	Механізм рока-юке забезпечує аналіз всієї продукції, яка виготовляється на технологічному етапі (100%)	4
	Механізм рока-юке забезпечує аналіз продукції, яка виготовляється на технологічному етапі на основі вибірки $\geq 80\%$	3
	Механізм рока-юке забезпечує аналіз продукції, яка виготовляється на технологічному етапі на основі вибірки $\geq 65\%$	2
	Механізм рока-юке забезпечує аналіз продукції, яка виготовляється на технологічному етапі на основі вибірки не менше 50%	1
	Механізм рока-юке забезпечує аналіз продукції, яка виготовляється на технологічному етапі на основі вибірки $\leq 50\%$	0
4	Механізм рока-юке не залежний від оператора і не потребує жодних дій в обслуговуванні	2
	Механізм рока-юке потребує участі оператора у виконанні однієї дії	1
	Механізм рока-юке потребує участі оператора у виконанні двох чи більше дії	0
5	Механізм рока-юке не створює нових ризиків для формування нових дефектів	2
	Механізм рока-юке створює додаткові ризики для формування нових дефектів, але їх наслідки є незначні для якості та безпечності продукту	1
	Механізм рока-юке створює додаткові ризики для формування нових дефектів, але їх наслідки є значні для якості та безпечності продукту	0

№ п/п	Характеристика	Кількість балів
1	2	3
6	Механізм рока-уоке відповідає технічним вимогам обладнання та техніки безпеки	4
	Механізм рока-уоке не відповідає технічним вимогам обладнання та техніки безпеки, але не створює небезпеки для здоров'я працівників	2
	Механізм рока-уоке створює небезпеку для здоров'я працівників	0
7	Механізм рока-уоке може бути легко знятий і здійснена заміна необхідних деталей або підданий калібруванню	2
	Механізм рока-уоке може бути легко знятий і здійснена заміна необхідних деталей, але він не здатний до калібрування	2
	Механізм рока-уоке може бути замінений лише повністю	0
8	Алгоритм перевірки ефективності роботи механізму рока-уоке є простим, що забезпечує щоденну перевірку	4
	Алгоритм перевірки ефективності роботи механізму рока-уоке є складним, що обумовлює періодичну перевірку лише за участю фахівця	2
	Для механізму рока-уоке не передбачена перевірка ефективності роботи	0

Джерело: розроблено автором

Розроблені критерії характеризують якість проектування, обслуговування та експлуатації розробленого способу, а не кінцевий результат, який може отримати компанія [34]. Як зазначено в науковій праці Hollnagel E. [82] розробка будь-яких критеріїв не забезпечать 100% достовірність та об'єктивність аналізу впровадженого механізму, а лише дозволить у спрощеному вигляді його охарактеризувати. Окрім цього, ці механізми не є ідеальними, а тому потребують систематичного аналізу та періодичної адаптації до зміни виробничого середовища та удосконалення загалом.

Представлені характеристики механізму захисту від помилки не є константними, а можуть бути адаптовані членами крос-функціональної групи відповідно до власних потреб та до характеристик впровадженої способу. Ефективність аналізу роботи рока-уоке може зрости при внесенні додаткової градації кінцевого очікування, наприклад, показника зниження дефектів в готовому продукті чи напівфабрикаті.

Наступних сім критеріїв, виділених авторами, є показниками інтегрованості системи захисту від дефектів у роботу підприємства. Ці характеристики дозволяють оцінити роботу системи LEAN по впровадженню механізму захисту від дефектів, а також висвітлює рівень розуміння та залучення працівників підприємства до цього процесу.

Ознаки інтеграції механізму рока-уоке в роботу підприємства

№ п/п	Характеристика	Кількість балів
1	2	3
1	У компанії розроблені принципи вибору об'єкту оптимізації за допомогою розробки способу рока-уоке	4
	У компанії розроблені рекомендації для вибору об'єкту оптимізації за допомогою розробки способу рока-уоке	2
	Інтуїтивний вибір об'єкту оптимізації за допомогою розробки способу рока-уоке	0
2	На етапі розробки було проведено розрахунок рентабельності способу рока-уоке, який підтвердився у процесі використання	4
	На етапі розробки було проведено якісний аналіз рентабельності способу рока-уоке	2
	Оцінка рентабельності способу рока-уоке не проводилася	0
3	Для розробки рока-уоке залучено крос-функціональну групу спеціалістів	4
	Для розробки рока-уоке залучено спеціалістів одного відділу, який займається обслуговуванням об'єкту оптимізації	2
	Для розробки рока-уоке залучено одного спеціаліста відділу, який займається обслуговуванням об'єкту оптимізації	0
4	На робочому місці оператора знаходиться інструкція по роботі рока-уоке з описом механізму функціонування пристрою	4
	Розроблена інструкція по роботі рока-уоке з описом механізму функціонування пристрою, але вона не доступна оператору	2
	Не розроблена інструкція по експлуатації рока-уоке	0
5	Наявна підготовлена видима для персоналу ділянки ділянка для збору дефектних продуктів, відібраних системою рока-уоке	4
	Наявна підготовлена ділянка для збору дефектних продуктів, відібраних системою рока-уоке	2
	Наявна імпровізована ділянка для зберігання дефектних продуктів	0
6	Наявні ілюстровані інструкції по навчанню роботи операторів з механізмом рока-уоке	4
	Наявні описові (словесні) інструкції по навчанню роботи операторів з механізмом рока-уоке	2
	Відсутні інструкції по навчанню роботи операторів з механізмом рока-уоке	0
7	Розроблено графік проведення ТО механізму рока-уоке та наявні записи про проведенні ремонтні роботи	4
	Розроблено графік проведення ТО механізму рока-уоке, але відсутні записи про проведенні ремонтні роботи	2
	Відсутні будь-які записи щодо обслуговування механізму рока-уоке	0

Джерело: розроблено автором

Методологічною основою процесу аналізу механізму рока-уоке за допомогою кваліметричних характеристик, представлених в таблицях 1.11 і 1.12, є аудит виробничої ділянки та проведення

інтерв'ю з операторами обладнання. На основі отриманих даних від працівників цеху та аналізу наявної інформації на паперових чи електронних носіях аудитор оцифровує їх, при цьому допустимим є використання дробових чисел, що підвищить об'єктивність проведеного аудиту. Кінцевим результатом буде вважатися середнє значення кожного з напрямків оцінки. Ці показники показують рівень якості впровадженної оптимізації та дозволяють покращити напрямки роботи підприємства, які отримали найнижчі бали.

Для забезпечення ефективності роботи впровадженого механізму рока-уоке ряд авторів [57, 79, 82, 118, 119] пропонують усунути «людський фактор», який є найчастіше проблемою виникнення збоїв в роботі обладнання та утворення дефектів продукту чи напівфабрикатів. Для цього науковці сформуваали перелік оптимізацій роботи персоналу виробничих ліній:

1. Забезпечення інваріантності виконання технологічних процесів;
2. Контроль виявленої проблеми необхідно здійснювати безпосередньо на етапі її «першоджерела»;
3. Підвищити рівень розуміння виконання виконуваної рутинної роботи, що забезпечить зменшення помилок через брак уваги;
4. Проведення аналізу ризиків при впровадженні будь-яких автоматизацій процесу, адже це не забезпечує усунення людських помилок, а лише їх змінює;
5. Встановлення механізму рока-уоке на технологічному обладнанні необхідно здійснювати на етапі його проектування;
6. Виробничі системи повинні бути простими для забезпечення видимості усіх проблем;
7. Паліативний спосіб усунення виявленої невідповідності є прийнятною контрмірою у разі неможливості вирішення першопричини;
8. Залучення персоналу виробничих дільниць забезпечить швидке встановлення першопричини виявленої невідповідності та розробку механізму її усунення для отримання необхідних (прийнятних) результатів.

Завершальним етапом впровадження механізму рока-уоке є його впровадження в рутинну роботу виробничої дільниці. На цьому етапі формується необхідна документація та проводиться навчання працівників структурної одиниці підприємства, де буде

застосовуватися розроблена система. Необхідні інструкції формує відповідальна особа з технічної служби для унаочнення роботи з обладнанням:

- категорія рока-уоке;
- функції механізму;
- типові несправності (спостереження / ймовірна причина);
- схема пристрою (або фотографія);
- опис пристрою;
- номер пристрою;
- опис процесу перевірки Рока-Уоке.

а також вносить інформацію до загального реєстру механізмів рока-уоке:

- порядковий номер, який було присвоєно механізму рока-уоке;
- найменування обладнання, для якого розроблено метод захисту від помилок;
- короткий опис функції механізму;
- опис збою, який повинен усунути механізм рока-уоке;
- дата впровадження;
- перелік учасників крос-функціональної групи, які розробили та впровадили метод захисту від помилок;
- періодичність аналізу актуальності впровадженого методу захисту від помилок;
- дата останньої перевірки актуальності впровадженого методу захисту від помилок.

Останнім у нашому списку методів скорочення втрат згідно системи lean, але не менш важливим є SMED (Single-Minute Exchange of Die) – стандартизація будь-якого процесу на виробництві чи поза ним. Такий підхід до організації процесу виробництва забезпечує зменшення часу на виконання процесів та, відповідно, їх стандартизацію, що, в кінцевому результаті, зумовлює випуск продукції однієї якості. Впровадження цієї системи зменшить зайві втрати підприємства на додатковій обробці готового продукту, збільшить час ефективної роботи працівників на робочому місці та сформує потік цінності, що забезпечить підвищення конкурентоспроможності підприємства загалом [58].

Для розробки SMED використовуються як інструкції та технічна документація від виробника технологічного обладнання, так і передові розробки в технічній галузі та наявний практичний досвід на підприємстві [101]. Робочий документ розроблений для

зменшення втрат під час налаштування, переналаштування чи інших маніпуляцій з технологічним обладнанням [36, 44] та має на меті зменшення варіативності термінального продукту підприємства [40, 134].

Для реалізації цієї методології рядом авторів [1, 65, 66] пропонується дотримуватися алгоритму дій, представленому на рисунку 1.11. Першим етапом цього процесу є підбір членів крос-функціональної групи, які володіють достатніми знаннями та практичними вміннями роботи з обладнанням, яке буде піддане аналізу, а також володіють необхідною базою знань для проведення статистичних та інших вимірювальних процесів. Без наявності в групі спеціаліста, який знає будову та механізм роботи обладнання отриманні дані та сформовані висновки не матимуть практичного значення та не забезпечать необхідного ефекту для виробництва.

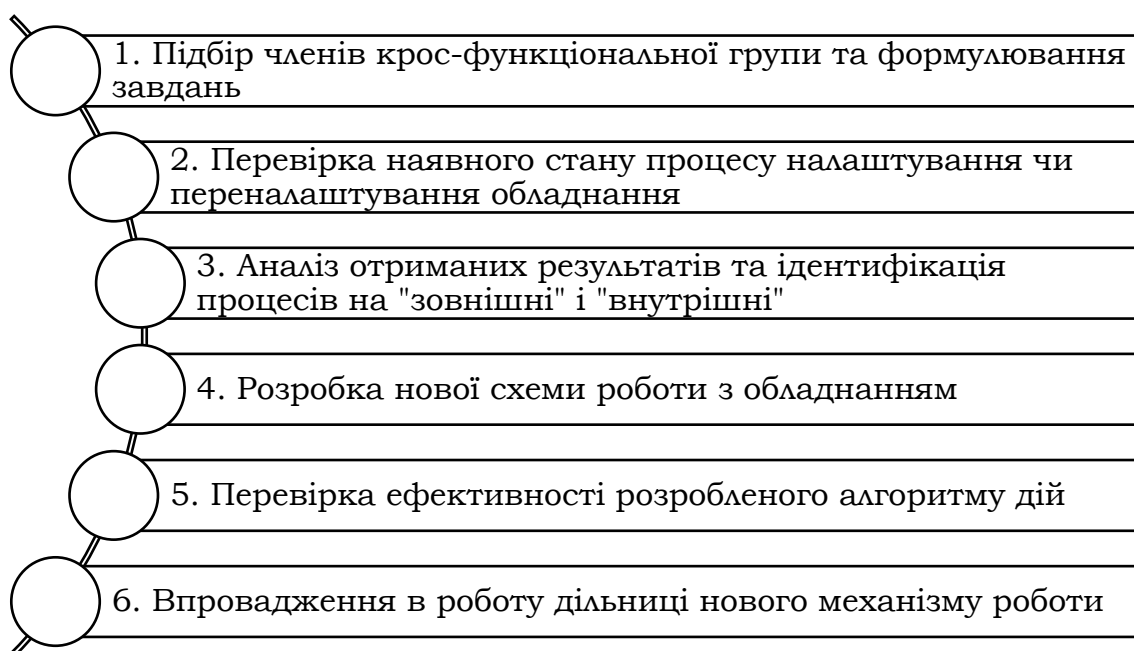


Рис. 1.11. Алгоритм розробки та реалізації методології SMED

Джерело: розроблено автором

Після формування групи працівників, які будуть займатися розробкою методології SMED для фасувального обладнання, відбувається їх ознайомлення з наявними нормативними документами на обладнання – технічними інструкціями від виробника, кресленнями обладнання, внутрішніми інструкціями роботи з обладнанням. На цьому етапі розробки SMED технічними експертами та членами групи, які мають практичний досвід роботи з цим обладнанням, відбувається умовний поділ процесу налашту-

вання чи переналаштування обладнання на окремі частини, які необхідно буде проаналізувати, а також наголошується на важливих моментах, які повинні бути проаналізовані ретельніше. На основі цього аналізу відбувається розподіл етапів процесу для їх дослідження кожним членом крос-функціональної групи, а також формується перелік цілей, які повинні бути досягнуті на основі отриманих даних. На основі задекларованих цілей розробляються завдання, виконання яких дозволить досягнути необхідного результату. Важливим моментом при цьому є постановка завдань, які можна виконати за невеликий проміжок часу (час проведення досліджень не повинен становити більше одного тижня), а також їх кількість не повинна перевищувати певного значення, яке є допустимим для отримання достовірних даних за відведений час.

Другим етапом у впровадженні методології SMED є перевірка наявного стану процесу налаштування чи переналаштування обладнання. Для цього члени крос-функціональної групи перебувають на виробничій дільниці та здійснюють аналіз кожного етапу процесу згідно розробленого плану. Одним з ефективних способів фіксації даних є відеозйомка [92], яка забезпечує повний запис дій працівників під час виконання роботи та дозволяє провести повторний аналіз першоджерела. Окрім цього, члени крос-функціональної групи здійснюють фіксацію часу здійснення маніпуляцій при налаштуванні чи переналаштуванні обладнання. Ця інформація є однією з ключових при виокремленні етапів, які потребують додаткової перевірки чи оптимізації, а також слугуватиме показником ефективності введених змін.

Наступним кроком у аналізі наявного процесу роботи операторів фасувального станка є проведення графічного оформлення здійснення маніпуляцій із записом хронометражу. Опис процесу повинен бути розділений на дві частини:

- зовнішні процеси – процеси налаштування чи переналаштування фасувальної машини під час її роботи;
- внутрішні процеси – дії щодо налаштування чи переналаштування фасувальної машини, які можна виконати лише при зупинці роботи обладнання.

А також рекомендується категоризувати процеси та, відповідно, їх аналізувати згідно виділеного типу [15]. Зазвичай виділяють чотири основних типи процесів: «підготовка до процесу налаштування», «заміна», «налаштування» та «додаткове налаштування».

Окрім запису етапів проведення налаштування чи переналаштування фасувального станка з їх хронометражем, члени крос-функціональної групи зобов'язані звертати увагу та записувати час простою обладнання. Такі записи є важливими для розуміння ефективного часу роботи фасувального станка, а також наявності можливостей для оптимізації його роботи. Ведення обліку простоїв фасувальних станків є важливим етапом покращення їх роботи та підвищення продуктивності роботи загалом. На основі отриманих даних членів крос-функціональної групи необхідно скласти каталог систематичних простоїв, встановити їх причини та розробити шляхи усунення. Для реалізації цього процесу необхідно залучити як керівників напрямків, так і працівників дільниці, які безпосередньо працюють на цьому фасувальному станку.

Також члени крос-функціональної групи повинні занотовувати зауваження до роботи, які вони встановили при аналізі виконання тих чи інших процесів працівниками виробничої дільниці. Такі записи можуть містити важливу інформацію, яка дозволить не лише підвищити ефективність роботи фасувального станка, а й знизити випуск бракованої продукції. Записи можуть містити не лише зауваження, а й запитання чи нотатки для уточнення, що дозволять достовірно інтерпретувати отримані дані.

Ще одним важливим методом аналізу якості проведення виробничих процесів є діаграма спагеті (Spaghetti Diagram) [50], яка дозволяє зрозуміти проходження виробничого процесу у фізичному просторі та зафіксувати рух працівників при виконанні необхідних маніпуляцій. Побудова діаграми здійснюється з дотриманням ряду правил [84]:

1. При побудові діаграми завжди необхідно використовувати план чи схему приміщення, де проводиться аналіз виробничого процесу. Необхідно перевірити відповідність розміщення обладнання та масштабу, що забезпечить отримання достовірних результатів. У разі виявлення невідповідностей їх необхідно усунути до початку дослідження виробничого процесу – внести зміни у наявний план чи схему.

2. Потрібно позначати всі рухи як оператора, так і транспортних засобів та пакувальних матеріалів. Для отримання загальної інформації та повноцінного аналізу виконання виробничого процесу необхідно позначати не лише рух оператора, а й переміщення транспорту – навантажувачів та пакувальних матеріалів. Ефективним є використання різних кольорів, які відповідатимуть

окремій об'єднаній групі об'єктів, певному оператору чи пакувальному матеріалу. Якщо неможливо виділити для кожного об'єкту аналізу свій колір через перенавантаження інформацією діаграми, необхідно їх згрупувати та, відповідно, забезпечити інформативність отриманих даних. Для інтерпретації отриманих даних хронометрії та здійснення переміщення досліджуваних об'єктів необхідно фіксувати всі переміщення, зупинки чи додаткові дії, які були виконанні під час виконання виробничої операції. Такі додаткові дії чи рухи можна позначати іншими позначками, наприклад, штрих-пунктирною лінією, та вказувати причину їх здійснення та затрачений час.

3. Необхідно отримати максимальну кількість інформації за виділений час. Діаграма «спагеті» може містити інформацію різного типу – відстань, яку подолав об'єкт дослідження, виражена у метрах чи кроках, час витрачений на це, додаткові дані про виконання процесу. Необхідно отримати найбільшу кількість даних, а при проведенні їх аналізу та інтерпретації можна вибрати, які саме дані дозволять ефективніше виразити та зрозуміти процес.

4. Необхідно провести достатню кількість досліджень для забезпечення отримання інформації, необхідної для повноцінного аналізу процесу. Необхідно зважати на час циклу виконання процесу, який аналізується, якщо хронометраж його є невеликим, то досліджень можна провести значно більше, порівняно з виробничим етапом, який триває декілька годин. Також, необхідно розуміти мету проведення досліджень, якщо завданням аналізу є розуміння процесу, то перевірку можна здійснити декілька разів в одній і тій же зміні, тоді як при необхідності встановлення особливостей виконання виробничого процесу працівниками всіх змін, кількість та час досліджень збільшиться.

Третім етапом розробки SMED є аналіз отриманих результатів контролю процесу налаштування чи переналаштування обладнання. Для цього необхідно інтерпретувати дані з листа спостереження членами крос-функціональної групи та вказати числові характеристики процесу. Провівши дослідження виробничого процесу та отримавши необхідну інформацію та декілька діаграм, необхідно провести їх аналіз. Для оптимізації цього процесу потрібно охарактеризувати кожний елемент графічного зображення технологічної операції:

1. Характеристика ліній діаграми. При виявленні на діаграмі зон пересікання декількох ліній одного чи різних кольорів, можна

стверджувати про наявність зон підвищеного ризику заторів чи затримок у виробничому процесі. Окрім можливості втрати часу та, відповідно, ефективності роботи, у таких зонах прослідковується можливість руху в обидва напрямки як людей, так і матеріалів, таким чином може спостерігатися така втрата, як зайві рухи.

Важливу увагу необхідно приділити зупинкам чи додатковим рухам, які здійснив працівник дільниці, так як вони, ймовірно, не значно вплинуть на загальну відстань, яку він подолав, але зумовлюють зниження його ефективності. Потрібно проаналізувати ці дані та виділити зупинки, які були виробничо необхідні, та ті, яких не вимагав технічний чи технологічний процес. Аналогічний аналіз необхідно здійснити і для інших діаграм, особливо важливий такий опис при дослідженні роботи декількох виробничих змін, бо при їх співставленні можна виокремити виробничо-необхідні зупинки чи додаткові рухи. Всі додаткові рухи чи зупинки повинні бути усунуті для забезпечення максимальної ефективності процесу.

Окрім зон з перетином багатьох ліній, на діаграмі можуть знаходитися відтинки, на яких ліній одного чи декількох кольорів йдуть паралельно або формують замкнуте коло. Це вказує на переміщення працівників та матеріалів з однієї точки та їх повернення до неї декілька разів, що можна інтерпретувати як недостатню організацію працівника, обладнання чи розхідних матеріалів, які необхідні для завершення виробничого процесу. Таким чином, додаткове навчання персоналу чи зміна розташування матеріалів дозволить працівникам виробничої дільниці ефективніше використати час, а отже, і зменшити хронометраж виробничого процесу.

2. Аналіз отриманих даних. Охарактеризувавши лінії діаграми, необхідно провести інтерпретацію занотованих даних:

- розрахувати загальну відстань, яку пройшов працівник за один цикл;
- розрахувати загальну відстань, яку пройшов працівник за всю зміну;
- встановити час одного циклу;
- розрахувати час, затрачений за виконання зайвих рухів;
- встановити ефективність використання робочого часу;
- розрахувати швидкість виконання виробничого процесу.

Встановлені дані дозволять повноцінно охарактеризувати виробничий процес та надають необхідну інформацію для розуміння «вузьких» місць та напрямків для оптимізації.

3. Аналіз місця знаходження ліній на діаграмі. Важливим аспектом аналізу діаграми «спагеті» є розміщення ліній руху об'єктів аналізу у просторі. Окрім характеристики руху працівників чи матеріалів необхідно приділяти значну увагу місцю, де знаходиться найбільший потік персоналу чи матеріалів. Так, велика кількість рухів у вузькому коридорі може зумовити затори, зниження ефективності всього процесу чи навіть травматизм.

На основі отриманих даних члени крос-функціональної групи повинні встановити втрати та неефективну роботу працівників при виконанні технічного процесу. Із літературних джерел [37, 50] відомо ряд стратегій для оптимізації процесу на основі даних з діаграми «спагеті»:

1. За можливості, усунути або звести до мінімуму всі пересічення персоналу чи матеріалів, виявлені при аналізі виробничого процесу та зафіксовані спостерігачем на діаграмі. Як зазначалося вище, це зони підвищеного ризику для травматизму, особливо при перетинанні траєкторій руху персоналу та транспортних засобів (наприклад, навантажувачів).

2. Аналогічні дії необхідно прийняти при виявленні паралельних траєкторій руху. Для забезпечення фізичного розділення напрямків руху можна використати розмітку, сигнальні стовбці чи невелику огорожу.

3. Звести до мінімуму пересування через одну точку, такі «петлі» вказують на здійснення реверсного руху працівників, що зменшує час ефективної роботи. Для усунення таких геометричних фігур необхідно встановити першопричину, яка найчастіше становить:

- пошук матеріалів на непромаркованих піддонах чи стелажах;
- доставка бракованих матеріалів;
- доставка матеріалів у недостатній кількості;
- повернення продуктів чи напівфабрикатів на додаткову обробку чи усунення неполадок;
- проведення повторних чи додаткових досліджень готового продукту чи напівфабрикату.

4. Реорганізувати робочі місця чи складські приміщення, де спостерігається найбільша кількість ліній. Для реалізації цієї рекомендації спочатку необхідно проаналізувати ситуацію та встановити першопричину ситуації, яка виникла. Найчастіше каузальністю таких результатів є:

- неорганізованість розміщення пакувальних матеріалів чи деталей фасувальних станків, що змушує працівників виробничої

дільниці декілька разів підходити до стелажів та втрачати час на їх пошук;

- розміщення стелажів з пакувальними матеріалами чи деталями фасувальних станків на далекій відстані від виробничого обладнання, що зумовлює зайві рухи працівника виробничої дільниці;

- формування комплектів деталей, необхідних для здійснення виробничого процесу налаштування чи переналаштування фасувального станка;

- організація робочого простору та, особливо, робочого місця оператора для забезпечення його ефективної роботи;

- зміна періодичності проведення технічних робіт на фасувальних станках, що забезпечить зменшення рухів оператора.

5. Звести до мінімуму переміщення працівників виробничої дільниці, не пов'язані з технічними чи технологічними процесами. Для цього необхідно проаналізувати отримані дані з діаграми «спагеті» та виділити роботу, не пов'язану з безпосередніми обов'язками.

Провівши аналіз діаграми «спагеті», члени крос-функціональної групи повинні розділити всі процеси, які виконували працівники виробничої дільниці при налаштуванні чи переналаштуванні обладнання, на дві категорії – «зовнішні» та «внутрішні». Під «зовнішніми» процесами розуміють дії, пов'язані з налаштуванням обладнання без необхідності його зупинки, тоді як «внутрішні» процеси – маніпуляції, які можна виконати лише при вимкненні фасувального станка [77]. Розділивши всі процеси, працівники підприємства, залучені до розробки та впровадження SMED, а особливо працівники технічної служби, повинні розглянути процеси з категорії «внутрішні» та, за можливості, перемістити їх у групу «зовнішні». Такі зміни дозволять підвищити коефіцієнт «технічного використання обладнання» - A_H [146]:

$$A_H = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{II} + \tau_H} \quad (1.3)$$

де, τ_p – час роботи обладнання під час випуску продукції, τ_{II} – час простою обладнання через технічні несправності та τ_H – час простою обладнання через налаштування чи переналаштування обладнання.

Таким чином, зменшення часу налаштування чи переналаштування обладнання забезпечить підвищення часу ефективної роботи обладнання, зменшення часу його простоїв, а отже, підвищення кількості випущеної продукції за одиницю часу.

Наступними етапами у впровадженні SMED є перевірка ефективності розроблених змін, для цього члени крос-функціональної групи впроваджують на певний період часу, який залежить від складності розроблених інновацій, розроблений алгоритм дій. Для цього необхідно підготувати інструкцію на паперовому носії, з якою потрібно ознайомити всіх працівників дільниці, які будуть залучені до виконання технічних робіт з фасувальним автоматом. Переконавшись у сформованості знань щодо правильності виконання розробленого алгоритму дій, розпочинається перевірка його ефективності. Для забезпечення об'єктивності оцінки кінцевий результат виражають показниками:

- загальний час переналаштування обладнання до та після введення змін;
- коефіцієнт «технічного використання обладнання» до та після введення змін;
- кількість випущеної продукції за одиницю часу до та після введення змін.

При виявленні ефективності внесених змін у алгоритм переналаштування обладнання проводяться зміни у внутрішню інструкцію по його обслуговуванні для забезпечення стандартизації роботи персоналу.

Етап 3. Вибір концепції та її реалізація

Наступним етапом у реалізації на підприємстві Lean є вибір концепції для реалізації покращень та її реалізація. Першочерговим завданням для членів крос-функціональної групи є підбір одного з вказаних вище інструментів ощадливого виробництва. Вибір способу зменшення виробничих втрат є надзвичайно важливий, так як використання невідповідного підходу зумовить отримання незадовільних результатів, знизить впевненість працівників виробництва у ефективності методу Lean, а членів вищого керівництва у доцільності подальшого фінансування проекту [54].

Для підбору методу необхідно провести статистичний аналіз можливого покращення при впровадженні того чи іншого способу. Ґрунтуючись на цифрових даних, необхідно визначити не більше двох найефективніших способів до покращення. Вибрані методи потрібно описати у вигляді інструкції та надати для ознайомлення робітникам гемба, які безпосередньо працюють з обладнанням, для якого розроблено покращення. Працівники, дільниці володіють емпіричним досвідом, що забезпечить, з одного боку, перевірку правильності вибраних способів, а з іншого – дозволить внести необхідні корективи у розроблений алгоритм дій [139].

Проаналізувавши можливість змін виробничого процесу з безпосередніми його виконавцями члени крос-функціональної групи повинні узгодити період часу, який буде достатній для перевірки ефективності впроваджуваних змін, а також термінальні показники, які дозволять встановити ефективність розробленого методу. Окрім цього, необхідно визначити способи фіксації встановлених показників, за потреби, розробити форму протоколу для запису даних експерименту. Також потрібно встановити відповідальних за фіксацію отриманих даних та спосіб їх передачі для аналізування членам групи чи одній уповноважені особі. Описані вище організаційні питання повинні бути описані у формі наказу вищого керівництва чи розпорядження для забезпечення стандартизованості роботи працівників, також необхідно додати інструкцію для ознайомлення працівникам виробництва [139].

На період проведення перевірки ефективності запропонованих змін члени крос-функціональної групи чи окремі спеціалісти повинні знаходитися безпосередньо в гемба для перевірки дотримання алгоритму роботи працівниками виробництва та, відповідно, достовірності отриманих даних. Присутність представників КФГ дозволить, за потреби, оперативно внести зміни у розроблену схему процесу, у разі виявлення певних огріхів чи недопрацювань, або зупинити дослідження на ранніх етапах при встановленні його низької ефективності [93].

Окрім цього, спеціалісти крос-функціональної групи можуть проаналізувати не лише ефективність розробленого методу, а й його зручність для виконання працівниками виробництва та внести корективи у спосіб його виконання на окремому етапі процесу або допомогти організувати робоче місце оператора для оптимізації виконання цього алгоритму дій. Також залучення представника КФГ до виконання розробленого механізму дій надає додаткової мотивації працівникам підрозділу виробництва та розуміння важливості проведеної роботи [121].

Етап 4. Оцінка результатів та обмін знаннями

Перед останнім етапом процесу реалізації ощадливого виробництва є оцінка отриманих результатів та обмін отриманими знаннями. Для забезпечення точного аналізу отриманих даних необхідно провести їх статистичну обробку. Математичний підхід дозволить об'єктивно оцінити отримані показники та забезпечить оптимальний спосіб для їх представлення топ-менеджменту компанії [78]. Для забезпечення ефективного візуального сприйняття

інформації її необхідно подавати у вигляді діаграм, наприклад, гістограм [54], діаграми Парето [85], діаграми причинно-наслідкових зв'язків [139], а також побудови схеми проведення досліджень [121].

Для представлення інформації оптимальним є метод «А3» - лаконічне вираження всіх даних на папері формату А3 (297x420 мм) [120]. Такий спосіб подачі дозволяє оперативно ознайомити топ-менеджерів та інших працівників підприємства не лише з отриманими даними, а й формуванням алгоритму проведення аналізу наявної ситуації, оцифрованими показниками, новим алгоритмом дій та його результатами. Виходячи з вказаної вище логіки подачі даних метод А3 можна представити вираженням циклу Шухарта-Демінга (PDCA), що зумовлює наявність чотирьох блоків (рис. 1.12):

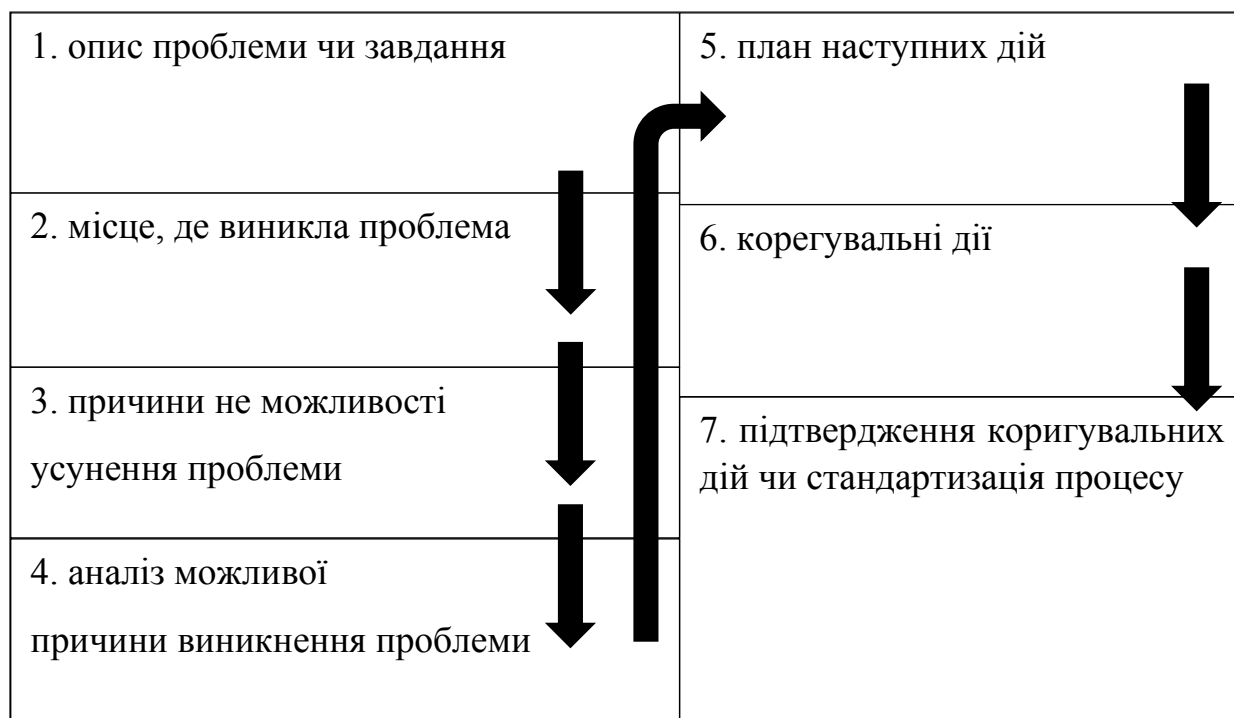


Рис. 1.12. Загальна схема побудови звіту за методом А3

Джерело: розроблено автором

1. Планування (P) – в цій частині сторінки А3 знаходиться стислий опис проблеми, яку необхідно вирішити або лаконічно викладено наявну інформацію про завдання, яке необхідно вирішити. Також необхідно вказати кінцеві результати, які необхідно досягнути майбутніми змінами. Останньою інформацією в цьому блоці є об'єктивні причини, які перешкоджають досягненню вказаних вище результатів.

2. Дія (D) – в цьому блоці автор розміщує план дій, які необхідно виконати для досягнення вказаної вище мети та усунення перерахованих перепон перед досягненням необхідних результатів. Опис дій оптимально подавати у вигляді блок-схеми з короткою анотацією кожного пункту. Така подача інформації забезпечить максимальне її сприйняття з мінімальним залученням площі АЗ, іншим способом досягнення оптимального використання сторінки є підготовка даних у формі таблиці. Також необхідно вказати відповідальних за виконання кожного з перерахованих пунктів та кінцевий термін їх реалізації.

3. Контроль (C) – в цій частині сторінки АЗ знаходиться перелік методів перевірки ефективності виконання запланованих дій. Важливим моментом цього етапу є підбір кількісних або напівкількісних аналізів, що забезпечить об'єктивність оцінки результативності впроваджених змін.

4. Аналіз (A) – останнім етапом методу АЗ є лаконічне висвітлення отриманих результатів аналізу. Ефективним способом подачі інформації для цього формату є її візуалізація у формі діаграми, що забезпечить швидке та повноцінне сприймання висвітлених даних.

На сьогодні не існує чіткої організації подачі інформації методом АЗ, тим не менш є ряд правил, які апріорі повинні бути дотримані розробниками [80]:

1. Формат висвітлення даних повинен бути підтриманий усіма членами крос-функціональної групи. Необхідно врахувати всі запропоновані доцільні пропозиції, а також опрацювати інші пропозиції для забезпечення оптимального кінцевого продукту роботи групи. Окрім цього, важлива злагоджена робота групи та цінності запропонованих ідей кожного її члена;

2. Послідовність висвітлених вище блоків повинна бути збережена, а оптимальним варіантом є формування з них циклу, аналогічно зображенню PDCA. Для оптимального розуміння поданої інформації менеджери, які будуть з нею ознайомлюватися, повинні одразу бачити візуалізацію циклу, що кожен етап ґрунтується на результатах попереднього. Такий підхід дозволить сформувати цілісну картину запланованих подальших дій та важливість кожного елемента блоку для кінцевого результату. Окрім цього, у разі внесення змін у розроблену схему досліджень, можна легко прослідкувати їхній вплив на термінальні значення даних та спрогнозувати їх доцільність.

3. Вся інформація, яка подається у форматі АЗ, повинна мати лише одне трактування та може сприйматися однозначно. Це останнє емпіричне правило, але, тим не менш, одне з найголовніших. Однакове розуміння наданої інформації усіма членами групи працівників компанії, які з нею ознайомлюються, дозволяє скоротити період на обговорення наданих даних, збільшити час продуктивної роботи, а також забезпечити формування однакового уявлення про кінцевий продукт проведеної роботи. Остання умова вкрай важлива при залученні топменеджерів, які, на основі наданої інформації, можуть сформуванати хибне уявлення про термінальні показники після проведених змін. Для реалізації цього правила необхідно використовувати виключно науковий стиль подачі інформації та застосовувати загальноприйнятту термінологію, яка володіє одним значенням та не може бути трактована по-іншому. Допускається використовувати вузько спеціалізовані поняття для забезпечення лаконічності викладу даних, але їх кількість не повинна заважати формуванню епістеме.

Загалом, формат АЗ може бути використаний для реалізації декількох завдань:

1. Використання цього методу для представлення великої кількості інформації без додаткового навантаження слухачів даними. Цей спосіб підходить для презентації інформації топменедже-рам у обмежених часових рамках для забезпечення максимального усвідомлення ними наданих даних. Це пов'язано з низькою ефективністю звітів з великою кількістю інформації та обмеженістю в часі вищого керівництва для розгляду кожної проблеми.

2. Метод АЗ застосовується для подачі вузько спеціалізованої інформації для працівників підприємства, які не володіють достатньою кваліфікацією у цій галузі або є професіоналами в іншому фасі. Надання на розгляд перенасичений науковою термінологією звіт чи пропозицію для розгляду працівникам, які не володіють достатніми знаннями в цьому напрямку науки, зумовить або занадто довгий розгляд наданої інформації, або формування хибного уявлення щодо кінцевого результату. В будь-якому випадку результат розгляду наданої інформації може бути негативний для розробника.

3. Цей метод може бути використаний для реалізації принципів Кайдзен на підприємстві загалом чи на окремій виробничій дільниці зокрема. На основі такого підходу до роботи з інформацією вдається оптимально її подати для розгляду і, відповідно,

реалізувати на виробництві. Цей метод оптимально підходить для реалізації цього способу ощадливого виробництва як з огляду роботи працівників, які надають пропозиції, так і їх розгляду крос-функціональною групою з подальшим висвітленням власних висновків для розгляду та їх втілення у виробничий процес.

4. Як зазначалося раніше, формат А3 дозволяє зменшити час викладу інформації та її подальшого опрацювання іншими працівниками підприємства. Також такий спосіб висвітлення даних підвищить ефективність їх сприйняття та прийняття на їх основі відповідних рішень. Таким чином, цей метод є ефективним для формування звітів для працівників підприємства щодо реалізації поставлених завдань.

5. Виходячи із самого концепту подачі інформації при реалізації цього методу він є вкрай ефективний для розгляду ініціатив щодо постійного вдосконалення будь-якої системи. Це пов'язано з іншою функцією, яку здатний виконувати формат А3 – висвітлення методу пошуку оптимізації процесів системи, а враховуючи циклічність процесу та високу його інформаційність, висвітлений спосіб може використовуватися багато раз.

6. Використання цього методу забезпечує ефективну роботу членів крос-функціональної групи та гарантує отримання якісного кінцевого продукту їхньої діяльності.

Таким чином, для перевірки якості сформованих даних у форматі А3 необхідно його надати на розгляд колегам, які не є дотичними до цієї інформації та не володіють достатньою кваліфікацією для внесення до них змін. Простота у сприйнятті та розумінні наданої інформації є показником правильності реалізації цієї методики, а використання самоперевірки такого формату зменшить можливість отримання негативного фідбеку від топ-менеджерів компанії, які аналізуватимуть ці дані, та підвищать шанси на впровадження запропонованих ініціатив [139].

Представлена інформація аналізується керівництвом підприємства на предмет її ефективності та економічного ефекту – отримання майбутнього зиску із вкладених у розробку зусиль та часу. Важливим для членів крос-функціональної групи є отримання зворотного зв'язку від топменеджерів, що забезпечить розуміння якості проведеної роботи та врахування у майбутньому зауважень для забезпечення необхідного результату [93].

Завершенням процесу впровадження змін у роботу виробничої лінії є представлення звіту щодо проведеної роботи праців-

никам підприємства, які безпосередньо працюють на виробничій дільниці чи є дотичними до технологічних процесів. Це забезпечить, з одного боку, представлення ефективності системи ощадливого виробництва для працівників підприємства, що підвищить їхню довіру до Lean, а з іншого боку – виступатиме нематеріальним методом мотивації для крос-функціональної групи [35]. Публічне представлення результатів, які були досягнуті членами КФГ, забезпечить підвищення мотиваційної складової для працівників підприємства, які були залучені до реалізації проекту та покажуть їх значимість для підприємства. Окрім цього, ефективною практикою забезпечення ефективності роботи членів крос-функціональної групи та залучення працівників підприємства до впровадження розроблених змін є впровадження матеріальної винагороди [145].

Етап 5. Підтримка покращень

Останнім етап у впровадженні ощадливого виробництва на підприємствах є формування системи підтримки впроваджених змін, адже без цього система не забезпечуватиме систематичне покращення, що зумовить стрибкоподібні зміни, які не вписуються в принципи Lean. Постійні зміни у процесі виробництва чи у його технічному оснащенні, оптимізація параметрів технологічного процесу зумовляють необхідність постійного перегляду ефективності впроваджених змін для зменшення втрат. Без постійного моніторингу зі сторони вповноваженої особи крос-функціональної групи чи керівників підрозділу виробництва ефективність реалізованих змін буде нівельована [131].

Для підтримки впроваджених змін можуть бути використані ряд методів:

- проведення навчання для працівників виробничої дільниці, де запроваджені зміни [94]. Актуалізація знань працівників щодо впроваджених змін є ефективним процесом для підтримки алгоритму їх виконання, тим не менш він не дозволяє встановити необхідність змін до наявного процесу;

- розробка системи винагороди працівників дільниці для забезпечення підтримки ефективності роботи системи або її збільшення [88]. Такий підхід забезпечить мотивацію працівників до аналізу системи, встановлення аспектів роботи, які необхідно оптимізувати, участі у розробці необхідних змін та їх запровадженні. Тим не менш, така ініціатива не надасть інструменту для аналізування;

– впровадження системного аналізу та періодичного аудиту системи [121]. Розробка алгоритму для перевірки ефективності роботи системи ощадливого виробництва повинна ґрунтуватися на простих кількісних показниках, які легко можуть бути встановлені працівниками виробничої дільниці. Також потрібно розробити схему перевірки їх достовірності – чи ці зміни носять флуктуаційний чи системний характер. У разі виявлення системного характеру змін необхідно коригувати наявний алгоритм дій та, відповідно, адаптовувати його до наявної ситуації.

Окрім участі працівників виробничої дільниці до аналізу ефективності роботи системи ощадливого виробництва повинні бути залучені і керівники чи працівники з відповідними фаховими знаннями інших підрозділів, наприклад, НАССР чи служби якості продукції. Такий підхід до перевірки Lean на виробництві забезпечить різносторонність аналізу та впровадження нових ідей. Оптимальним процесом для цього є проведення внутрішнього аудиту, який може передбачати аналіз дільниці загалом, а перевірка системи ощадливого виробництва виступатиме як один з пунктів плану.

Оцінка ефективності впровадження ощадливого виробництва. Як зазначалося раніше, основним завданням ощадливого виробництва при його впровадженні на будь-якому підприємстві є зниження втрат, зменшення собівартості готової продукції зі збереженням відповідного рівня її якості та безпеки, а також, доцільне використання ресурсів компанії. Таким чином, аналіз досягнення цільових показників компанії на рік, півріччя чи квартал є одним з можливих показників ефективності впровадження Lean. Іншим способом встановлення якості впровадженої системи є розрахунок її економічного ефекту для підприємства. Останній метод володіє найвищою ефективністю та дозволяє оцифрувати прогрес системи та візуалізувати її досягнення для представлення топменеджерам підприємства. Також отримані дані можуть бути використані для побудови кінетики змін її ефективності для кожного підрозділу загалом чи окремої дільниці зокрема, що забезпечить постійний моніторинг дотримання Lean на цих структурних одиницях підприємства [21].

При впровадженні системи ощадливого виробництва в роботу підприємства його принципи поширюються не лише на технологічний процес, а й на управлінську сторону компанії. Тому цілі та політика підприємства також ґрунтуються на принципах Lean та є їхнім віддзеркаленням, у зв'язку з цим вони транслю-

ються працівникам компанії у порядку їхньої значимості. Таким чином, аналіз досягнення задекларованих цілей та використання для їх реалізації ресурсів є якісним показником ефективності впровадженої методології ощадливого виробництва, а економічна вигода від цього, конвертована у грошову валюту, кількісний показник ефективності Lean. Використання цих двох принципів дозволить методологічно об'єктивно оцінити якість роботи системи ощадливого виробництва у компанії та встановити неочевидні прогалини.

Важливою особливістю при оцінці ефективності впровадженної системи Lean є вибір селективних і ключових виробничих та економічних показників процесу виготовлення готового продукту. Виходячи із завдань, які ставляться при виборі виробничих показників, на їх основі можна встановити ефективність впливу розроблених та впроваджених змін не лише на виробничий процес загалом, а й на показники безпечності та якості продукції зокрема. При виборі виробничих показників необхідно керуватися принципами:

- кількісний вимір обраного показника;
- простота моніторингу показника;
- показник здатний безпосередньо чи опосередковано охарактеризувати технологічний процес загалом чи його основну ланку;
- показник здатний відобразити характеристики якості та безпечності кінцевого продукту чи його напівфабрикату.

Одними з таких показників для молокопереробного підприємства можна назвати:

1. Загальна кількість випущеної продукції з браком, який не піддається переробці та, відповідно, її грошовий еквівалент:

1.1. Брак через технічні несправності – отриманий показник висвітлює якість впроваджених змін ощадливого виробництва у технічне забезпечення підприємства та дозволить розглянути інші методи Lean до його оптимізації або зумовить повторний перегляд попереднього аналізу для доопрацювання чи зміни вектора оптимізації. Окрім цього, ґрунтуючись на даних про систематичність процесу випуску бракованої продукції через технічне забезпечення та здійснення всіх можливих оптимізацій роботи згідно ощадливого виробництва необхідно надати групі правління компанією висновки про необхідність його заміни чи модернізації.

1.2. Брак через технологічні аспекти виробництва – цей показник дозволяє оцінити якість впроваджених змін щодо ощадли-

вого виробництва безпосередньо на технологічному процесі. Звісно, цей критерій не може бути селективним для відображення роботи Lean, але дозволить відобразити зміни на тих етапах процесу, які були оптимізовані згідно принципів філософії «Тойота», а також може надати інформацію для наступних етапів покращення технологічного процесу.

1.3. Брак через помилку виробничого персоналу – отримані дані дозволять оцінити ефективність роботи методів ощадливого виробництва, впроваджених для покращення виробничого процесу виготовлення готової продукції. Ці дані забезпечать перевірку розуміння та дотримання вимог таких інструментів Lean, як 5S, картування потоку, стандартизація та інші. Окрім цього, ці показники забезпечать можливість розробки інших підходів до проведення навчання для працівників виробництва чи отримання фідбеку про незрозумілість розроблених документів.

1.4. Брак через отримання недостовірних показників дослідження на одному з технологічних етапів – це показник ефективності роботи працівників виробничих лабораторій з методологією Lean. На цьому етапі аналізу, аналогічно як і при оцінці даних щодо технологічного процесу, не можливо однозначно стверджувати про встановлення ефективності саме методик ощадливого виробництва, але для окремих елементів процесу аналізу, які були оптимізовані за допомогою цієї методології, отримані показники можуть носити достовірний характер.

2. Загальна кількість випущеної продукції з дефектом, який піддається переробці та, відповідно, її грошовий еквівалент:

2.1. Дефект через технічні несправності;

2.2. Дефект через технологічні аспекти виробництва;

2.3. Дефект через помилку виробничого персоналу;

2.4. Дефект через отримання недостовірних показників дослідження на одному з технологічних етапів.

3. Повнота виконання замовлення підрозділом логістики – цей показник має узагальнюючий характер, так як дозволяє охарактеризувати як процес виробництва загалом, так і якість та безпечність готового продукту. Окрім цього, ці дані висвітлюють гнучкість процесу виробництва та його здатність до адаптації до потреб клієнта без перевиробництва – однієї з втрат ощадливого виробництва.

4. Ефективна продуктивність фасувальних станків – отримані дані дозволять здійснювати моніторинг ефективності орга-

нізації виробничого процесу, якості технічного забезпечення та дотримання стандартизації роботи при обслуговуванні обладнання. Окрім цього, ці дані дозволяють здійснювати планування процесу виробництва продукту для забезпечення його високої якості та безпечності.

Під економічними показниками розуміють дані, на основі яких здійснюють розрахунок економічного ефекту, а також встановлюють можливий вплив запланованих та виконаних змін на економічні параметри підрозділу виробництва загалом чи окремої дільниці зокрема [20]. Як зазначалося вище, ці параметри мають вираження у матеріальному ефекті, який розраховують працівники бухгалтерії. Визначення цих параметрів з вимірними показниками здійснюється до впровадження ощадливого виробництва на підприємства, а тому априорі являються одними з критеріїв ефективності Lean. До таких показників може належати показник собівартості продукції зі збереженням аналогічних значень якості та безпечності. Цей показник є одним з найпростіших, тим не менш, показовим для висвітлення ефективності роботи виробничого процесу до та після впровадження ощадливого виробництва.

Іншим критерієм є зменшення витрат на усунення браку чи рекламації від споживачів чи торгівельних мереж. Цей показник має пряму залежність від якісних критеріїв кількості браку та дефектів і трансформує отримані дані у економічну площину та дозволяє проаналізувати тенденцію їх зміни. Важливим показником ефективності роботи системи є зменшення затрат на переробку чи утилізацію бракованої продукції.

Третім ключовим показником ефективності роботи системи ощадливого виробництва є зниження затрат на оплату понаднормових годин для працівників виробництва. Ці дані дозволяють відобразити ефективність роботи системи, підтвердженням чого є зниження затрат у поєднанні з підвищенням продуктивності виробничої системи. Саме тому, необхідно дотримуватися комплексного підходу до аналізу ефективності роботи системи, встановлювати логічні взаємозв'язки між обраними показниками та розглядати динаміку змін кожного критерію.

Окрім цього, необхідно розробити загальні критерії оцінки ефективності впровадження системи ощадливого виробництва для всього підприємства загалом, так і для кожного структурного підрозділу зокрема. Особливу увагу необхідно приділити окремим виробничим дільницям, встановити для них специфічні, але

селективні показники, на основі яких здійснювати моніторинг та вносити необхідні зміни. Окрім цього, необхідно встановлювати корелятивний взаємозв'язок між загальними показниками підприємства та окремими даними виробничої структурної структури. Такий абдукційний підхід поглибить розуміння впливу тих чи інших показників на конкурентоздатність всього підприємства та дозволить встановити оптимальні підходи для їх оптимізації.

При впровадженні ощадливого виробництва на підприємстві здійснювався аналіз на приховані втрати, на основі яких проводився підбір методів ощадливого виробництва для їх мінімізації. Ці дані можуть слугувати вихідними показниками для кількісної оцінки ефективності розроблених та впроваджених змін. Для цього необхідно здійснити аналіз динаміки змін цих показників, а кількісні дані внести у табличну форму (табл. 1.13).

Таблиця 1.13

Приклад аналізу динаміки змін критеріїв ефективності методів ощадливого виробництва

Метод Lean	Обраний критерій	Задеклароване значення	I квартал	II квартал	III квартал
5S	випадки не впорядкованого робочого місця	0	5	4	2
	зниження продуктивності через відсутність на робочому місці необхідних інструментів	0	8	8	5
SMED	зниження продуктивності через затримку при переналаштуванні виробничого обладнання	не довше 15 хв	25хв	28хв	30хв
кайдзен	загальна кількість пропозицій для покращення	300	80	120	133
	кількість реалізованих пропозицій	150	36	47	50
	кількість пропозицій, пов'язаних з покращенням виробничого процесу	200	44	66	89
JIT	вчасне виконання заявок на постачання розхідних та пакувальних матеріалів	100%	93	97,2	90,1
	період зберігання партії пакувальних матеріалів	до 30 днів	29	28	29
	вчасне виконання замовлення логістичного відділу	100%	97,6	99,2	99,4
рока-уоке	загальна кількість бракованої продукції	до 0,001% від загального об'єму продукції	0,005	0,005	0,004
	загальна кількість продукції з дефектом	до 0,01% від загального об'єму продукції	0,0113	0,0106	0,0109

Джерело: розроблено автором

На основі отриманих даних можна одразу зробити висновки про ефективність впроваджених методів ощадливого виробництва. Так, спостерігається динаміка зниження випадків втрат на виробництві через нераціональне використання робочого місця чи його неупорядкованість, що вказує на ефективність реалізованих змін згідно системи 5S. Аналогічна тенденція спостерігається при впровадженні методики кайдзен, звісно, отримані показники не відповідають запланованим значенням, тим не менш спостерігається прогрес як у загальній кількості пропозицій для покращень, так і у їх реалізації. У той же час, отримані дані вказують на те, що розроблені шляхи реалізації методів SMED, JIT та рока-уоке не забезпечують досягнення запланованого результату, а тому, потребують повторного розгляду крос-функціональною групою.

Бабушкин В. М. та інші [33] розробили математичні співвідношення, які дозволяють встановити абсолютні та відносні показники, інтерпретація яких надає кількісну оцінку взаємозв'язку прихованих втрат та методів ощадливого виробництва:

$$R_{i(\text{абсолютне})} = Q_i \cdot (\sum X_j)_i \quad (1.4)$$

$$R_{i(\text{відносне})} = R_{i(\text{абсолютне})} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

де, i – категорія прихованих втрат;

j – відповідний інструмент ощадливого виробництва;

Q_i – експертна оцінка значимості категорії прихованих втрат;

X_i – експертна оцінка взаємозв'язку інструменту ощадливого виробництва з відповідною категорією прихованих втрат.

Розрахунок показника доцільності використання інструментів ощадливого виробництва для вирішення виявлених прихованих втрат здійснюється за формулою:

$$R_i = \sum X_j \cdot Q_i \quad (1.6)$$

У свою чергу, для оцінки ефективності використання інструментів ощадливого виробництва для вирішення виявлених втрат Бабушкин В. М. [2] пропонує сформулювати емпіричну «матрицю взаємозв'язків», яка б ґрунтувалася на оцінці внутрішніх експертів підприємства (табл. 1.14).

Згідно розробленої методики, значимість прихованої втрати Q_i оцінюється у п'ятибальній системі, при цьому найвище значення оцінюється у 5 балів, тоді як найнижча значимість отримує 1 бал. Така кількісна характеристика дозволяє встановити пріоритетність втрат, які необхідно усунути, адже лише їх ієрархізація дозволить систематично усунути встановлені втрати. Таким чином, запропонована матриця складатиметься з цифрових значень,

адитивне значення яких записують в стовбець «значення», що слугуватиме відповідним вираженням ефективності вказаного інструменту Lean у вирішенні тієї чи іншої втрати.

Таблиця 1.14

**Матриця ефективності використання інструментів
ощадливого виробництва**

Інструменти	Встановлені втрати згідно Lean або додаткові, встановленні при аналізі членами крос-функціональної групи						
	Значимість прихованої втрати Q_i						Значення
5S							
TPM							
Just-in-time							
TQS							
Багатопроесна робота							

Джерело: [2]

Наступним етапом у аналізі отриманих даних є розрахунок абсолютного та відносного показника взаємозв'язку прихованих втрат з інструментами ощадливого виробництва. Отримані результати обчислень необхідно перенести у зведену таблицю (табл. 1.15), яка дозволить виявити першочергові втрати у виробничому процесі, які необхідно усунути для підвищення ефективної роботи компанії, а також полегшить вибір методу ощадливого виробництва для реалізації поставленого завдання.

Сформовані дані дозволяють провести підбір необхідного методу ощадливого виробництва, а також здійснювати періодичний кількісний аналіз його ефективності. Такий підхід забезпечить оперативність у вирішенні встановленої проблеми та надасть можливість, за потреби, зробити зміни у розроблений алгоритм дій. Окрім цього, цифрове вираження аналітичної роботи крос-функціональної групи забезпечить достовірне розуміння наявної ситуації впровадження ощадливого виробництва топменеджерами компанії.

Таблиця 1.15

**Узагальнена таблиця абсолютних та відносних показників
взаємозв'язку прихованих втрат з інструментами
ощадливого виробництва**

Приховані втрати		Встановлені втрати згідно Lean або додаткові, встановленні при аналізі членами крос-функціональної групи						
Рейтинг взаємозв'язків	Абсолютне значення							
	Відносне значення							
	Рейтинг							
Ціль	Одиниці виміру							
	Фактичні значення							
	Планові показники							

Джерело: розроблено автором

1.3. Міжнародний досвід впровадження концепції ощадливого виробництва.

Як зазначалося вище, Lean production в класичному розумінні цього терміну - японська модель виробництва, яка отримала популярність і активно розвивається у другій половині ХХ ст. Після поширення основних принципів цієї концепції на підприємствах західних країн, особливо США, відбулася їх адаптація до власних умов виробництва. У результаті такої інтерпретації виникла велика кількість відмінностей від типової японської моделі, окрім цього спостерігаються значні відмінності у розуміння принципів Lean production і серед західних країн, які перейняли бережливе виробництво. Після впровадження основних принципів цієї концепції в європейських країнах цей підхід до організації виробничих процесів здобув широке світове визнання, що зумовило розробку нових «версій» ощадливого виробництва, таких як східноєвропейська, американська, китайська і т.д. [19].

Першою країною після Японії, яка почала впроваджувати інструменти бережливого виробництва на технологічних лініях, стали США. Так, для підприємств цієї країни визначальним став такий елемент Lean production, як стандартизація роботи та безпека. Окрім цього, на підприємствах цієї країни розроблений та активно впроваджений симбіоз концепції ощадливого виробництва та концепції управління виробництвом «шість сігма», який забезпечує підвищення ефективності кожного з процесів, мінімізацію дефектів, повне виконання замовлень та зменшення похибок в операційній діяльності.

Проаналізувавши західноєвропейську інтерпретацію Lean, можна зробити висновок про те, що вона ближча до ідей, розроблених у США, ніж до класичної японської моделі. Так, характерною ознакою ощадливого виробництва у Німеччині є значна увага до системи послідовної доставки сировини і матеріалів на наступну операцію виробничої лінії (Just-in-sequence delivery to production lines), що є аналогом систем Just-in-Time і pull system. Окрім цього, для концепції ощадливого виробництва цієї країни характерними є наукові розробки нових логічних інструментів та оптимізація вже наявних, таких як блок-схеми (flow-charts), а також графіки аварійного плану для клієнта (schedules emergency plans per buisness/customer) [72].

Другою європейською країною, де найбільш поширені принципи, Lean прийнято вважати Швецію. Пріоритетним завданням ощадливого виробництва для підприємств цієї країни є чітка організація сфери управління якістю, що зумовило значний розвиток теоретичних та практичних рекомендацій для покращення та впровадження такого інструменту, як загальне управління якістю (TQM) [59]. Він дозволяє забезпечити постійне покращення якості продукції, якості організації процесів і рівня кваліфікації персоналу. Найбільш відомим підприємством Швеції, яке застосовує методи ощадливого виробництва, є автомобільний концерн Volvo, який на базі концепції Lean створив свою систему виробництва «Volvo Production System» [108].

На противагу впровадженню всієї системи ощадливого виробництва ряд країн спрощує цю концепцію та концентрується на одному чи декількох інструментах, яскравим прикладом цього є інтерпретація класичної японської концепції підприємствами Канади. Lean для підприємств цієї країни існує в дуже стислому вигляді та гіпертрофує роль інструменту «Just-in-Time» для досягнення високого рівня управління ланцюгом своїх доставок [71, 124]

Діаметрально протилежним є розвиток ощадливого виробництва в Китаї, де знаходиться ряд величезних виробництв, на яких впроваджено Lean, але він не є визначальним фактором у забезпеченні конкурентоспроможності продукції. Основною причиною сьогоденного економічного успіху китайських компаній є дешевизна робочої сили [96].

Ощадливе виробництво у Східній Європі почало формуватися набагато пізніше, що обумовлено збільшенням частки інвестицій у виробничу сферу цих країн західних партнерів. Першим етапом імплементації концепції Lean на підприємства було створення невеликих відділів з висококваліфікованих фахівців у сфері розвитку виробничої системи, увага яких акцентувалася на якості та безпечності товару, на такті виробництва та його стандартизації. На цей день існує декілька яскравих прикладів промислових підприємств Чехії і Словенії, які, грамотно впровадивши бережливе виробництво, вийшли на принципово новий рівень, що дозволило їм ефективно конкурувати на світовому ринку та поставляти свою продукцію в країни Західної Європи, Японію та інші країни. Таким чином, значна частка східно-європейських підприємств, що впровадили Lean – це великі міжнародні компанії з вузькою спеціалізацією. Тим не менш, на сьогоднішній день відбу-

вається поступове розширення лінійки товарів і витіснення з ринків конкурентів внаслідок вищої якості товару та нижчої собівартості його виробництва [117].

На сьогоднішній день впровадження ощадливого виробництва на підприємствах України знаходиться на зародковому етапі, а дієву систему мають великі міжнародні компанії та підприємства, які здійснюють експорт своєї продукції за кордон, саме тому досвід підприємств Східної Європи становить для нас найбільший інтерес. Такий низький відсоток імплементації системи LEAN на підприємствах нашої країни, ймовірно, зумовлений такими причинами:

1. менталітетом населення, який не передбачає вияв ініціативи;
2. відносно недавній перехід економічної моделі від соціалістичної до капіталістичної;
3. незацікавленість керівників підприємств у їх розвитку після приватизації;
4. загальний спад виробництва в країні;
5. перебування підприємств в режимі «планової економіки», що не забезпечувала необхідність посилення їх конкурентоздатності.

Таким чином, описану вище інформацію можна представити у вигляді зведеної таблиці 1.16.

Таблиця 1.16

Ключові відмінності підходів до ощадливого виробництва в регіонах світу

Країна	Особливості	Найбільш значимі інструменти	Перелік компаній у яких реалізовано LEAN
1	2	3	
Японія	Синергетичний підхід	Кайдзен, «Just-in-Time», система 5S, канбан, швидке переналадження, Poke yoke, створення карти потоку, загальне попереджувальне обслуговування обладнання, гуртки якості	Toyota Motor Corporation, Honda Motor Co., Ltd., Sony Corporation, Suzuki Motor Corporation, Japan Tobacco Inc.
США	Власна інтерпретація концепції, що охоплює не тільки виробництво	Стандартизація роботи і безпеки, витягування виробництва, візуальне управління, кайдзен, ощадливе виробництво + 6 сігма (σ)	The Boeing Company, Ford Motor Company, General Electric Company, Alcoa Inc., Xerox Corporation

Країна	Особливості	Найбільш значимі інструменти	Перелік компаній у яких реалізовано LEAN
1	2	3	
Німеччина	Власні інструменти, засновані на класичних або ряді класичних інструментів концепції	Система послідовної доставки сировини і матеріалів на наступну операцію виробничої лінії, «Just-in-Time», блок-схеми, графіки аварійного плану для клієнтів	Hellmann East Europe GmbH & Co. KG
Швеція	Акцент на управління якістю	Загальне управління якістю, «Just-in-Time», стандартизація роботи і безпеки, кайдзен	Volvo Personvagnar AB, Scania AB
Канада	Спрощення концепції. Компанії застосовують концепцію, як правило міжнародні, а не національні	«Just-in-Time»	Chrysler Canada, Ford Motor Company of Canada, General Motors Canada, Honda Canada, Toyota Canada
Китай	Не глибокий аналіз філософської концепції, відсутність турботи про персонал. Характерно для міжнародних компаній	Кайдзен, система 5S, швидке переналадження, канбан, загальне обслуговування обладнання	Lenovo Group Limited, Metso Oyj, Ingersoll Rand, Suntory Holdings Limited, Covidien plc
Східна Європа	Стандартизація процесів виробництва. Характерно для міжнародних компаній	Стандартизація, загальне управління якістю, система 5S, карта потоку створення цінності, канбан, «Just-in-Time»	Unior, Iskra Asing, Motoman Robotec

Джерело: [11]

Висновки до розділу 1

1. Одним з найвідоміших та найуспішніших методів зниження виробничих втрат є впровадження на підприємстві принципів «ощадливого виробництва». Lean management слід розглядати як ефективний інструмент організації виробництва, основним принципом реалізації якого є усунення виробничих втрат, тоді як головними завданнями є: виявлення втрат, визначення шляхів їх усунення, вибір і застосування технічних, організаційних, економічних методів і засобів зниження або повної ліквідації втрат.

2. Ощадливе виробництво має не тільки економічну, а й соціальну основу, яка забезпечує підвищення ефективності використання наявних ресурсів, зниження їх витрат на одиницю виготовленої продукції, що, в кінцевому рахунку, забезпечить покращення екологічного стану навколишнього середовища загалом.

3. На сьогоднішній день впровадження ощадливого виробництва на підприємствах України знаходиться на зародковому етапі, а дієву систему мають великі міжнародні компанії та підприємства, які здійснюють експорт своєї продукції за кордон, саме тому досвід підприємств Східної Європи становить для нас найбільший інтерес.

4. Проведено розширений огляд з практичними рекомендаціями щодо впровадження ощадливого виробництва з принципами стійкого розвитку компанії у виробничі процеси. Модель складалася з п'яти етапів та п'ятнадцяти кроків для їх реалізації.

5. Сформовані дані дозволяють провести підбір необхідного методу ощадливого виробництва, а також здійснювати періодичний кількісний аналіз його ефективності. Такий підхід забезпечить оперативність у вирішенні встановленої проблеми та дозволить, за потреби, внести зміни у розроблений алгоритм дій. Окрім цього, цифрове вираження аналітичної роботи крос-функціональної групи забезпечить достовірне розуміння наявної ситуації впровадження ощадливого виробництва топменеджерами компанії.

Література:

1. Абрютин М. С. Экономика предприятия. Москва: Дело и сервис, 2004. 144 с.
2. Бабушкин В. М. Повышение производительности труда на основе инструментария бережливого производства. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2015. Т. 71. С. 153–157.
3. Баженов Г. Е., Дьячкова А. В. Проблемы внедрения концепции бережливого производства на российских предприятиях. Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2016. № 3 (36). С. 14–20.
4. Балабанова Л. В. SWOT-аналіз – основа формування маркетингових стратегій: Навчальний посібник. 2-ге вид., випр. і доп. Київ: Знання, 2005. 301 с.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011. «Менеджмент риска. Методы оценки риска». [Чинний від 01.12.2011]. Вид. офіц. Москва: ГОССТАНДАРТ, 2012. 74 с.
6. Гринин А. Ю. Управление заводом в стиле кайдзен. Как снизить затраты и повысить прибыль. М: Альпина Паблишерз, 2012. 189 с.
7. Гужина Г. Н., Назаршоев Н. М., Гужин А. А. Стратегия развития бизнеса как инструмент управления конкурентоспособностью. Инновации и инвестиции. 2016. № 4. С. 90–92.
8. Журба І. О., Коляденко Ю. М. Сутність і значення конкурентоспроможності підприємства. Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України. Збірник наукових праць. 2012. Вип. 35. С. 97–103.
9. Имаи Масааки. Кайдзен: Ключ к успеху японских компаний / пер. с англ. И. Гутман; науч. ред. Ю. Адлер. 2-е изд. М.: Альпина бизнес букс: Приоритет, 2005. 271 с.
10. Казьмина И. В. Анализ особенностей внедрения бережливого производства на отечественных предприятиях. Синергия. 2016. № 2. С. 42–48.
11. Карасев Д. А., Щерба Т. А. Сравнительная характеристика подходов к концепции бережливого производства. Вестник молодежной науки. 2016. №1(3). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-harakteristika-podhodov-k-kontseptsii-berezhlivogo-proizvodstva>.
12. Кириллова Л. Г., Муратова Г. Я. Внедрение системы бережливого производства на предприятиях малого и среднего бизнеса. Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 16. С. 159–161.
13. Клочков Ю. П. Организационные механизмы внедрения бережливого производства на промышленном предприятии. Теория и практика общественного развития. 2012. № 5. С. 268–272.
14. Коміренко В., Попета О., Коміренко О. Кайдзен-філософія українсько-японських відносин. Зовнішні справи. 2011. № 3. С. 30–34.
15. Корзин А. И. Анализ затрат качества. К.: Свет, 2016. 120 с.
16. Костенко Т. Использование преимуществ системы кайдзен для повышения производительности труда. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. 2013. № 10 (151). С. 122–126.
17. Лайкер Дж. 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. М.: Свет, 2016. 402 с.
18. Лебедева И. П. Японское качество: экономические аспекты. Япония 2013. Ежегодник. М.: «АИРО-XXL». 2013. С. 73–88.

19. Левинсон У. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь / пер. с англ. под ред. В. В. Брагина. Москва: РИА «Стандарт и качество», 2007. 272 с.
20. Мингалеев Г. Ф., Бабушкин В. М. Разработка прогнозов и целевых ориентиров долгосрочной целевой программы. Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности. Международная научно-практическая конференции: сборник. 2014. С. 622–625.
21. Николаева А. Б. Оценка эффективности внедрения бережливого производства на промышленных предприятиях. Вестник экономики, права и социологии. 2016. № 4. С. 69–72.
22. Олешко В. В. Инструменты описания бизнес-процессов в проектах 6 сигма. SixSigmaOnline.ru: ресурс об инструментах бережливого производства. 2010. URL: <http://sixsigmaonline.ru/load/22-1-0-262>.
23. Панасюк В. Н. Создание и развитие особой производственной системы ОАО «НИИМЭ и МИКРОН». Методы менеджмента качества. 2014. № 4. С. 4–10.
24. Петровская Ю. А., Петровская Е. А. Комплексная оценка рисков методом FMEA. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Том 2. С. 194–196.
25. Саматова Т. Б. Бережливое производство: анализ возможности снижения потерь. Новая наука: от идеи к результату. 2016. № 6-1 (90). С. 236–240.
26. Сигео Синго. Изучение производственной системы Toyota с точки зрения организации производства. М.: ИКСИ, 2010. 246 с.
27. Тайити Оно. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. М.: ИКСИ, 2011. 325 с.
28. Тошевская О. На принципах бережливости. Business Excellence. 2012. № 7. С. 44–45.
29. Туровец О. Г., Родионова В. Н. Концепция реализации принципов бережливого производства. Организатор производства. 2014. № 3. С. 12–18.
30. Хоббс Д. П. Внедрение бережливого производства: практическое руководство по оптимизации бизнеса. Минск: Гревцов Паблишер, 2007. 352 с.
31. Хохлов М. П., Лола Ю. Ю. Логістично-реінжиніринговий підхід до управління матеріальними ресурсами підприємства: монографія. Х.: ХНЕУ, 2012. 188 с.
32. Чернова В. А., Агеев И. Т. Концепция бережливого производства: неуклонное сокращение потерь. Молодой ученый. 2016. № 26. С. 407–410.
33. Этапы реализации пилотного проекта по повышению производительности производственной системы / Бабушкин В. М. и др. Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. 2015. Т. 71. № 2. С. 137–140.
34. A framework for assessing poka-yoke devices / Saurin T. A. et al. Journal of Manufacturing Systems. 2012. Vol. 31. P. 358–366.
35. A framework for the integration of Green and Lean Six Sigma for superior sustainability performance / Cherrafi A. et al. Int. J. Prod. Res. 2017. Vol. 55. P. 4481–4515.
36. A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining / Martins M. et al. Procedia Manuf. 2018. Vol. 17. P. 647–654.
37. Achanga P. Critical success factors for lean implementation within SMEs. Journal of Manufacturing Technology Management. 2006. Vol. 27 No. 1. P. 27–42.

38. Ahuja I. P. S., Khamba J. S. *Total productive maintenance: literature review and directions*. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 2008. Vol. 25, P. 709–756.
39. Albliwi S., Antony J., Lim S. A. H., Wiele T. van der. *Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review*. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 2014. Vol. 31. P. 1012–1030.
40. *Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry* / Dias P. et al. *Procedia Manuf.* 2019. Vol. 38. P. 1444–1452.
41. Anderson S. *Quality Digest – Root Cause Analysis: Addressing Some Limitations of the 5 Whys*. 2009. URL: <http://www.qualitydigest.com/inside/fda-compliance-news/root-cause-analysis-addressing-somelimitations-5-whys.html>.
42. Andersson R., Hilletoft P., Manfredsson P., Hilmola O.-P. *Lean Six Sigma strategy in telecom manufacturing*. *Ind. Manag. Data Syst.* 2014. Vol. 114. P. 904–921.
43. Antony J., Banuelas R. *Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in organizations*. *TQM Mag.* 2002. Vol. 14. P. 92–99.
44. *Applying SMED methodology in cork stoppers production* / Sousa E. et al. *Procedia Manuf.* 2018. Vol. 17. P. 611–622.
45. Arunachalam V., Jegadheesan C. *Modified failure mode and effects analysis: a reliability and cost-based approach*. *The ICFAI Journal of Operations Management.* 2006. Vol. 5 No. 1. P. 7–20.
46. *Barriers in green lean six sigma product development process: an ISM approach* / Kumar S. et al. *Prod. Plann. Contr.* 2016. Vol. 27. P. 604–620.
47. Baumgartner R. J., Rauter R. *Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization*. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 140. P. 81–92.
48. Bhamu J., Sangwan K. S., Singh Sangwan K. *Lean manufacturing: literature review and research issues*. *International Journal of Operations and Production Management.* 2014. Vol. 34(7). P. 876–940.
49. Bhasin S, Burcher P. *Lean viewed as a philosophy*. *Journal of Manufacturing Technology Management.* 2006. Vol. 17(1). P. 56–72.
50. Bhasin S. *Lean and Performance Measurement*. *Journal of Manufacturing Technology Management.* 2008. Vol. 19(5). P. 670–684.
51. Bowles J. B., Pela'ez C. E. *Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis*. *Journal of Reliability Engineering and System Safety.* 1995. Vol. 50 No. 2. P. 203–213.
52. Brown A., Amundson J., Badurdeen F. *Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies*. *J. Clean. Prod.* 2014. Vol. 85. P. 164–179.
53. Byrne G. *Ensuring optimal success with Six Sigma implementations*. *J. Organ. Excel.* 2003. Vol. 22. P. 43–50.
54. Chakravorty S. S., Shah A. D. *Lean six sigma (LSS): an implementation experience*. *Eur. J. Ind. Eng.* 2012. Vol. 6. P. 118–137.
55. Chen J., Black J. *A fuzzy logic based approach for pokayoke stoplight control in unmanned manufacturing cells*. *Journal of Manufacturing Systems.* 1996. Vol. 15. P. 33–42.
56. Chiarini A. *Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers*. *Spec. Vol. Mak. Prog. More Sustain. Soc. Lean Green Initiat.* 2014. Vol. 85. P. 226–233.

57. Clegg C. Sociotechnical principles for system design. *Applied Ergonomics*. 2000. Vol. 31. P. 463–477.
58. Cost reduction and quality improvements in the printing industry / Moreira A. et al. *Procedia Manuf.* 2018. Vol. 17. P. 623–630.
59. Cua K. O., McKone K. E., Schroeder R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*. 2001. Vol. 19(6). P. 675–694.
60. Davidson J. E. Organizing the evidence for healthcare design projects. *HERD Health Environ. Res. Des. J.* 2017. Vol. 10. P. 13–22.
61. Đekić I. Lean Manufacturing in Two Serbian Food Companies – Case studies. *International Journal for Quality Research*. 2012. Vol. 6(2). P. 131–136.
62. Deng X., Chen Q., Jiang D. Application of Fishbone Chart Analysis Method in Prevention for Steam Turbine Overspeed Accident. *Guangdong Electric Power*. 2013. Vol. 20(02). P. 73–77.
63. Dennis A. R., Minas R. K., Bhagwatwar A. P. Sparking creativity: Improving electronic brainstorming with individual cognitive priming. *Journal of Management Information Systems*. 2013. Vol. 29(4). P. 195–215.
64. Dora M., Gellynck X. House of lean for food processing SMEs. *Trends in Food Science and Technology*. 2015. Vol. 44(2). P. 272–281.
65. Dora M., Gellynck X. Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*. 2015. Vol. 31(7). P. 1151–1159.
66. Dora M., Kumar M., Gellynck X. Determinants and barriers to lean implementation in food-processing SMEs – a multiple case analysis. *Production Planning & Control*. 2015. Vol. 27(1). P. 1–23.
67. Edosomwan J. *Organizational transformation and process reengineering*. USA: St. Lusie Press and Tne Quality Observer Corporation, 1998. 209 p.
68. Faulkner W., Badurdeen F. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *J. Clean. Prod.* 2014. Vol. 85. P. 8–18.
69. Forrester R. Implications of Lean manufacturing for human resource strategy. *Work Study*. 1995. Vol. 44 No. 3. P. 20–24.
70. Franceschini F., Galetto M. A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA. *International Journal of Production Research*. 2001. Vol. 39 No. 13. P. 2991–3002.
71. Fullerton R. R., McWatters C. S., Fawson C. An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations Management*. 2003. Vol. 21. P. 383–404.
72. Fullerton R. R., Wempe W. F. Lean manufacturing, nonfinancial performance measures, and financial performance. *International Journal of Production Management*. 2009. Vol. 29(3). P. 214–240.
73. Garza-Reyes J. A. Green lean and the need for six sigma. *Int. J. Lean Six Sigma*. 2015. Vol. 6. P. 226–248.
74. Grout J. Mistake-proofing the design of health care processes. Agency for Health Care Research and Quality. 2007. URL: <https://archive.ahrq.gov/professionals/quality-patient-safety/patient-safety-resources/resources/mistakeproof/mistakeproofing.pdf>.
75. Hampton G. M. Gap analysis of college student satisfaction as a measure of professional service quality. *Journal of Professional Services Marketing*. 1993. Vol. 9(1). P. 115–128.

76. Harrison A., Hoek R. V., Skipwort H. *Logistics Management and Strategy 5th Edition: Competing through the Supply Chain*, 5 edition. New York: Pearson. 2014. 427 p.
77. Hedman R., Subramaniyan M., Almstrom P. *Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE*. *Procedia CIRP*. 2016. Vol. 57. P. 128–133.
78. Henao R., Sarache W., Gomez I. *Lean manufacturing and sustainable performance: trends and future challenges*. *J. Clean. Prod.* 2019. Vol. 208. P. 99–116.
79. Hendrick H. *Applying ergonomics to systems: some documented lessons learned*. *Applied Ergonomics*. 2008. Vol. 39. P. 418–426.
80. Hille J. *Towards a Conceptual Change Model to Support Organizational Change Efforts*. 2016. URL: https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/q811kp40j.
81. Hinckley C. M. *Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry*. *Accreditation and Quality Assurance*. 2007. Vol. 12. P. 223–230.
82. Hollnagel E. *Barrier analysis and accident prevention*. NY: Routledge. 2016. 242 p.
83. *How international firms conduct societal marketing in emerging markets: an empirical test in China* / Zeng F. et al. *Manag. Int. Rev.* 2013. Vol. 53. P. 841–868.
84. *Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products* / Neves P. et al. *Procedia Manuf.* Vol. 2018. Vol. 17. P. 696–704.
85. *Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study* / Kumar M. et al. *Prod. Plann. Contr.* 2006. Vol. 17. P. 407–423.
86. Institute for Healthcare Improvement. *Process Analysis Tools. Cause and Effect Diagram*. 2004. URL: <http://www.ihl.org/resources/Pages/Tools/CauseandEffectDiagram.aspx>.
87. Jasti N. V. K., Kodali R. *A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing*. *International Journal of Operations & Production Management*. 2014. Vol. 34(8). P. 1080–1122.
88. Jeyaraman K., Kee Teo L. *A conceptual framework for critical success factors of lean Six Sigma: implementation on the performance of electronic manufacturing service industry*. *Int. J. Lean Six Sigma*. 2010. Vol. 1. P. 191–215.
89. Khusaini N. S., Jaffar A., Noriah Y. *A Survey on Lean Manufacturing Practices in Malaysian Food and Beverages Industry*. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 564. P. 632–637.
90. Kim Y.-W., Ballard G. *Management thinking in the earned value management system and the Last Planner System*. *J. Constr. Engrg. Mgmt.* 2010. Vol. 26. P. 223–228.
91. Kumar A. *The challenges to the implementation of lean manufacturing*. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology*. 2014. Vol. 4(4). P. 307–312.
92. Kumar M., Antony J. *Comparing the Quality Management Practices in UK SMEs*. *Industrial Management & Data Systems*. 2008. Vol. 108(9). P. 1153–1166.
93. Laureani A., Antony J. *Critical success factors for the effective implementation of Lean Sigma: results from an empirical study and agenda for future research*. *Int. J. Lean Six Sigma*. 2012. Vol. 3. P. 274–283.
94. Laureani A., Antony J. *Leadership characteristics for lean six sigma*. *Total Qual. Manag. Bus. Excel.* 2017. Vol. 28. P. 405–426.

95. Liker J. *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. NY: McGraw-Hill. 2004. 330 p.
96. Liker J.K., Hoseus M. *Human resource development in Toyota culture*. *International Journal of Human Resources Development and Management*. 2010. Vol. 10(1). P. 34–50.
97. Lohmann J., Muula A. S., Houlfort N., De Allegri M. *How does performance-based financing affect health workers' intrinsic motivation? A Self-Determination Theory-based mixed-methods study in Malawi*. *Social Science & Medicine*. 2018. Vol. 208. P. 1–8.
98. Loyens S.M., Jones S.H., Mikkers J., van Gog T. *Problem-based learning as a facilitator of conceptual change*. *Learn. InStruct.* 2015. Vol. 38. P. 34-42.
99. Luo Y., Huang S., Cao S. *Application of Improved fishbone diagram in the Operation Management*. *Industrial Engineering Journal*. 2007. Vol. 25(2). P. 138–141.
100. Mark S., Lurie Y. *Customized project charter for computational scientific software products*. *J. Comput. Methods Sci. Eng.* 2018. Vol. 18. P. 165–176.
101. Melton T. *The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries*. *Chem. Eng. Res. Des.* 2005. Vol. 83(6). P. 662–673.
102. Middleton P. *Lean software development: two case studies*. *Software Quality Journal*. 2001. Vol. 9. P. 241–252.
103. Moorman C., Rust R.T. *The role of marketing*. *J. Market.* 1999. Vol. 63. P. 180–197.
104. Motwani J. *A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study*. *Industrial Management & Data Systems*. 2003. Vol. 103 No. 5. P. 339–346.
105. Narayanagounder S., Karuppusami G. *A new approach for prioritization of failure modes in design FMEA using ANOVA*. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009. Vol. 3(1). P. 73–80.
106. Narayanamurthy G., Gurumurthy A. *Leanness assessment: a literature review*. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2016. Vol. 36. P. 1115–1160.
107. Naslund D. *Lean, Six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods?*. *Business Process Management Journal*. 2008. Vol. 14 No. 3. P. 269–287.
108. Netland T. H., Aspelund A. *Company-specific Production Systems and Competitive Advantage: A resource-based view on the Volvo Production System*. *International Journal of Operations & Production Management*. 2013. Vol. 33. Iss. 11/12. P. 1511–1531.
109. Ng R., Low J. S. C., Song B. *Integrating and implementing lean and green practices based on proposition of carbon-value efficiency metric*. *J. Clean. Prod.* 2015. Vol. 95. P. 242–255.
110. Panwar A., Nepal B. P., Jain R., Rathore A. P. S. *On the adoption of lean manufacturing principles in process industries*. *Production Planning & Control*. 2015. Vol. 26(7). P. 564–587.
111. Panwar R., Hansen E., Kozak R. *Evaluating social and environmental issues by integrating the legitimacy gap with expectational gaps: An empirical assessment of the forest industry*. *Business & Society*. 2012. Vol. 53(6). P. 853–875.
112. Pillay A., Wang J. *Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning*. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*. 2003. Vol. 79 No. 1. P. 69–85.

113. Plonka F. E. *Developing a lean and agile work force*. *Journal of Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. 1997. Vol. 7(1). P. 11–27.
114. Prashant Tiwari J. Kiarash Sadeghi, Chinweike Eseonu. *A sustainable lean production framework with a case implementation: Practice-based view theory*. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 277. P. 1–14.
115. Psarommatis F., May G., Dreyfus P.-A., Kiritsis D. *Zero defect manufacturing: state-of-the-art review, shortcomings and future directions in research*. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 58(1). P. 1–17.
116. *Quality and reliability in new product development: A case study in compressed air treatment products manufacturing company* / Rapinder S. et al. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2010. Vol. 27 No. 7. P. 832–855.
117. Rajnoha R., Dobrovič J., Gálová K. *The Use of Lean Methods in Central Eastern European Countries: the Case of Czech and Slovak Republic*. *Economics and Sociology*. 2018. Vol. 11(2). P. 320–333.
118. Rasmussen J., Petersen A., Goodstein L. *Cognitive systems engineering*. NY: Wiley. 1994. 398 p.
119. Reason J. *Managing the risks of organizational accidents*. NY: Ashgate. 1997. 256 p.
120. Robinson A. G., Schroeder D. M. *The Role of Front-line Ideas in Lean Performance Improvement*. *The Quality Management Journal*. 2009. Vol. 16(4). P. 27–32.
121. Ruben B., Vinodh R., Asokan P. *Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study*. *Prod. Plann. Contr.* 2017. Vol. 28. P. 1193–1211.
122. Sankar N.R., Prabhu B.S. *Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis*. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2001. Vol. 18 No. 3. P. 324–335.
123. Sawhney R. *A modified FMEA approach to enhance reliability of lean systems*. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 2010. Vol. 27. P. 832–855.
124. Scott B.S., Wilcock A.E., Kanetkar V. *A survey of structured continuous improvement programs in the Canadian food sector*. *Food Control*. 2009. Vol. 20(3). P. 209–217.
125. Serrat O. *Knowledge Solutions. Proposition 32. The Five Whys Technique*. 2017. P. 307-310. URL: https://sci-hub.se/10.1007/978-981-10-0983-9_32.
126. Seyed-Hosseini S. M., Safaei N., Asgharpour M. J. *Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision-making trial and evaluation laboratory technique*. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*. 2006. Vol. 91 No. 8. P. 872–881.
127. Shah R., Ward P. T. *Defining and developing measures of lean production*. *J. Oper. Manag.* 2007. Vol. 25. P. 785–805.
128. Shimbun N. K. *Poka-yoke: improving product quality by preventing defects*. London: Productivity Press. 1988. 282 p.
129. Shingo S. *Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system*. London: Productivity Press. 1988. 330 p.
130. Smith R. *What is Lean maintenance? Elements that need to be in place for success*. *Life Cycle Engineering*. 2004. URL: <http://cstsolutionsllc.com/wp-content/uploads/2017/05/Definitions%E2%80%93Lean.pdf>.
131. Snee R. D. *Lean Six Sigmaegetting better all the time*. *Int. J. Lean Six Sigma*. 2010. Vol. 1. P. 9–29.

132. Sora Kim, Yingru Ji. *Gap Analysis*. In: *The International Encyclopedia of Strategic Communication* (Eds. Heath R. L., Johansen W.). 2018. 6 p. URL: https://www.com.cuhk.edu.hk/images/content_people/publication/sora-ch-2019-gap.pdf.
133. Srivastava S.K. *Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review*. *Int. J. Manag. Rev.* 2007. Vol. 9. P. 53–80.
134. *Standardization and optimization of an automotive components production line* / Antonioli I. et al. *Procedia Manuf.* 2017. Vol. 13. P. 1120–1127.
135. Stewart M., Grout R. *The human side of mistake-proofing*. *Production and Operations Management*. 2001. Vol. 10(4). P. 440–459.
136. Su C.-T., Chou C.-J. *A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: a case study of semiconductor foundry*. *Expert Syst. Appl.* 2008. Vol. 34. P. 2693–2703.
137. Taj S. *Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants*. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2008. Vol. 19(2). P. 217–234.
138. *The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: a literature review and future research directions for developing a specific model* / Cherrafi A. et al. *J. Clean. Prod.* 2016. Vol. 139. P. 828–846.
139. Vinodh S., Kumar S.V., Vimal K.E.K. *Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organisation*. *Prod. Plann. Contr.* 2014. Vol. 25. P. 288–302.
140. Wang D., Zhang P., Chen L. *Fuzzy fault tree analysis for fire and explosion of crude oil tanks*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2013. Vol. 26(6). P. 1390–1398.
141. Wang Y. M., Chin K. S., Poon G. K., Yang J. B. *Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean*. *Journal of Expert Systems with Applications*. 2009. Vol. 36 No. 2. P. 1195–207.
142. Wirth R., Berthold B., Kramer A., Peter, G. *Knowledge-based support of system analysis for the analysis of failure modes and effects*. *Journal of Artificial Intelligence*. 1996. Vol. 9 No. 3. P. 219–229.
143. Womack J. *Gemba Walks* (2nd edition). NY: Lean Enterprise Institute. 2010. 348 p.
144. Womack J. P., Jones D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*. New York: Simon & Schuster. 1996. 396 p.
145. Worley J. M., Doolen T. L. *The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation*. *Manag. Decis.* 2006. Vol. 44. P. 228–245.
146. Zainetdinov R. I., Plokhii I. V. *Updated assessment and prediction of function of readiness of the train "Sapsan" on the basis of imitating modeling of process of operation*. *Transport: science, technique, management*. 2012. Vol. 12. P. 11–19.
147. Zhu Q., Kuang X., Shen Y. *Risk matrix Method and Its Application in the Field of Technical Project Risk Management*. *Engineering Science*. 2003. Vol. 5(1). P. 89–94.

РОЗДІЛ II.

ПЕРСОНАЛ ПІДПРИЄМСТВА – ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

В умовах трансформації ринкових відносин змінюються і теорії, що визначають закони формування ефективної, мотивованої команди, яка забезпечує конкурентоспроможність підприємств на національному та світовому ринку. З огляду на те, що компанії все більше зміщують акцент в сторону екстенсивного розвитку, що передбачає збільшення ефективності роботи без змін у штаті працівників, одним з методів досягнення цієї цілі для управлінців є створення в компанії робочої атмосфери, яку сприймають всі співробітники і яка забезпечить мотивуючий елемент у роботі працівників.

Керівнику компанії разом з працівниками служби HR необхідно продумати тип корпоративної культури, яку вони будуть формувати. На сьогоднішній день розглядаються три основних способи впровадження моделі корпоративної культури:

1. копіювання моделі корпоративної культури в успішних підприємств відповідного сектору промисловості чи відомих світових компаній;

2. адаптація розробленої моделі корпоративної культури до наявних умов підприємства;

3. розробка власної моделі корпоративної культури на основі візії керівника компанії чи топ-менеджерів.

Без належної уваги до корпоративної культури, як феномену сучасного розвитку компаній, неможливо сформувати керівні принципи, які визначатимуть політику та цілі компанії, які, в кінцевому результаті, вказуватимуть на вектор розвитку компанії загалом. На основі цих первинних даних здійснюється політика підбору кадрів та їх інтеграція в компанію. Саме тому дослідження проблем формування корпоративної культури на підприємстві сьогодні є достатньо актуальним.

2.1. Загальні поняття та елементи корпоративної культури

На сьогоднішній день корпоративна культура є однією з найважливіших складових успіху компанії. Змінюється концепція менеджменту, все більше наукових досліджень присвячені вивченню підходів не технічного чи технологічного спрямування, які дають відчутний вплив на рівень прибутку підприємства. Одним з таких підходів є розвиток корпоративної культури, яка для підприємств нашої держави є відносно новим поняттям, тим не менш сама по собі вона зародилася дуже давно.

Прообрази корпоративної культури можна знайти в окремих рисах поведінки, які сформувалися всередині особливих соціальних груп і співтовариств, так званих гільдій, ще за часів середньовіччя, при цьому, найчастіше порушення цих правил могло каратися виключенням їх членів із співтовариств, а часом і більш жорсткими заходами. Крім того, різні об'єднання осіб часто мали загальні зовнішні атрибути: однакові елементи одягу, зброї, аксесуари, особливу символіку – герби, манери в поведінці, які підкреслювали їх приналежність до своєї спільноти.

Вперше термін «корпоративна культура» було впроваджено в наукову літературу в XIX столітті пруським фельдмаршалом Мольтке, який використовував його для визначення неформальних, але важливих аспектів в спілкуванні та відносинах у вищих чинах армії [5].

Одним з найяскравіших прикладів може слугувати елемент офіцерської корпоративної культури, що не прописаний в статуті, – дуель. Офіцери сприймали дуель не як засіб для помсти, а як благородний ризик для захисту своєї честі або бажання підвищення власного становища в суспільній ієрархії. У разі відмови офіцера викликати іншого офіцера на дуель або відповісти на виклик, він визнавався порушником правил моралі служби і благородства, не гідним подальшої військової служби. Тим не менш, офіцер, який порушив внутрішній офіцерський кодекс, але визнав це і приніс свої вибачення в разі неправоти, не заплямував себе і свою честь, а навпаки, зберігав чи навіть підвищував своє становище в суспільстві.

У літературних джерелах можна зустріти десятки визначень поняття «корпоративна культура»:

1. Культура підприємства – це образ мислення і спосіб дій, який увійшов в звичку, що став традицією, який в більшій чи

меншій мірі поділяють всі працівники підприємства і який повинен бути засвоєний і хоча б частково прийнятий новачками, щоб нові члени колективу стали «своїми» [103].

2. Під культурою організації варто розуміти унікальну сукупність норм, цінностей, переконань, зразків поведінки, які визначають спосіб об'єднання груп і окремих особистостей в організацію для досягнення поставлених перед нею цілей [87].

3. Культура організації являє собою комплекс переконань і очікувань, що розділяються членами організації. Ці переконання і очікування формують норми, які в значній мірі визначають поведінку в організації окремих особистостей і груп.

4. Організаційна культура – символи, церемонії та міфи, які повідомляють членам організації важливі уявлення про цінності і переконання. [125].

5. Корпоративна культура – це унікальні характеристики організації, які відрізняють її від всіх інших в галузі. [97].

Необхідно зауважити, що ряд авторів [3] для окреслення основних характеристик терміну виділяють деякі загальні риси:

- корпоративна культура являє собою основну частину явищ і понять, що визначають духовну і матеріальну основу життя колективу;

- сформовані всередині нього цінності і моральні норми, традиції, кодекс поведінки та ідеї повинні розділятися більшістю співробітників компанії.

Аналіз сучасних наукових досліджень, здійснених на теренах пострадянських країн, які мали на меті розкрити окремі аспекти корпоративного навчання, чітко не розділяють такі терміни, як «корпоративне навчання», «корпоративне освіта», «навчання персоналу», «навчання всередині компанії», «організаційне навчання», «професійне навчання», «підготовка та перепідготовка персоналу», «підвищення кваліфікації», «виробниче навчання». У цих наукових працях перераховані вище вокабули використовуються як синоніми. В результаті дійсно виникає деяка плутанина, у зв'язку з чим необхідно розглянути ці терміни і порівняти використовувані дефініції. Взаємозамінне використання вказаних термінів виникає, ймовірно, із вказаних нижче причин:

- 1) використання різної термінології, яка, тим не менш, позначає один і той же зміст навчання і суб'єктів навчання;

- 2) перераховані терміни з різних сторін описують цілі навчання;

3) найменування реалізації корпоративного навчання в різних контекстах.

Для узагальнення розглянутої теми необхідно зазначити, що при аналізі наукових праць, автори яких використовують термін – «корпоративне» [17, 18, 44], «організаційне» [1], «професійне» [54], «навчання персоналу» [6], «корпоративне навчання персоналу» [52] виявлено незначні відмінності в дефініції цих вокабул. Виявлені відмінності були пов'язані з відсутністю чіткого опису однієї з характеристик корпоративного навчання. Такими характеристиками є:

1. *Організатори корпоративного навчання.* Найчастіше в якості організаторів навчання в дефініціях вказано «організація», «установа», «компанія», «підприємство», «підприємницька структура», «корпорація». Перш за все, ці терміни вказують на факт використання корпоративного навчання у найрізноманітніших формах виробничих організацій. Тим не менш, ймовірно, що в цьому випадку поняття «корпорація» розуміється не як об'єднання людей в якихось правових формах, а як певне економічне об'єднання, яке має спільну мету і, як правило, єдину систему управління. Таким чином, сенс корпоративного навчання не залежить від форми і структури закладу, будь то виробничі підприємства чи заклади, які надають соціальні послуги.

При аналізі контексту навчання необхідно зазначити, що поняття «внутрішньо корпоративне навчання» не обов'язково тотожне «без відриву від виробництва», а й може проводитися «зовнішніми» навчальними закладами. У зв'язку з цим необхідно зазначити, що на сучасному етапі розвитку корпоративного навчання сформувалося декілька видів та форм його організації:

а) до внутрішніх форм корпоративного навчання відносять використання людських ресурсів (викладачів, наставників, тренерів, коучів та фасилітаторів) та матеріально-технічної бази (навчання здійснюється на виробничих потужностях організації – на робочому місці працівника чи спеціально створених навчальних центрах організації) самої організації.

б) до зовнішніх форм відносять використання ресурсів, які не пов'язані з компанією: педагогічні кадри, навчальні заклади, спеціалізовані навчальні центри, консалтингові фірми, акредитовані лабораторії чи підприємства-партнери).

Однією з особливостей успішності впровадження корпоративного навчання є формування такої системи управління знан-

нями, яка б інтегрувала внутрішні і зовнішні ресурси в організацію корпоративного навчання [57].

2. *Суб'єкти навчання.* У вказаних вище дефініціях застосовується різна термінологія, що ідентифікує суб'єктів навчання – «персонал», «працівники», «співробітники», «кадри». Вказані назви суб'єктів навчання необхідно розглядати як синоніми, бо як зазначали у своїй праці Rodriguez В.С.Р. та Armellini А. [128] корпоративне навчання проводиться для всіх працівників компанії – «від пересічного працівника до топ-менеджера».

Для забезпечення ефективного корпоративного навчання має значення стаж роботи суб'єкта навчання, чи він є новим співробітником, чи працює в компанії впродовж певного часу, оскільки це визначає цільові установки процесу підготовки. На сьогоднішній день виділяють їх два основних напрямки [13]:

а) перший напрямок корпоративного навчання пов'язаний з навчанням нових співробітників. На цьому етапі навчання включає процес адаптації, ознайомленням з особливостями роботи та вимогами до працівників на новому робочому місці, вивчення правил внутрішнього розпорядку, особливостей корпоративної культури організації;

б) другий напрямок стосується навчання співробітників компанії зі стажем. Цей процес включає один із вказаних нижче етапів: перепідготовку кадрів (формування нових знань щодо нових підходів чи методів роботи, формування нових теоретичних знань та практичних умінь для якісного виконання іншої професійної діяльності), підвищення кваліфікації працівника (послідовне підтримання та систематичне оновлення компетенцій у зв'язку зі зростанням вимог до професії або підвищенням на посаді), навчання іншим спеціальностям (підготовка до нових умов або форм діяльності);

3. *Зміст навчання* найчастіше у науковій літературі розглядають з двох сторін, з однієї – це професійні знання, вміння та навички, якими повинен оволодіти працівник компанії для ефективного виконання своїх обов'язків на робочому місці. З іншого боку, він трактується з точки зору сучасної педагогіки – формування у працівника нових компетенцій. Виходячи з дефініції цього поняття можна стверджувати, що корпоративне навчання має на меті формування лише професійних компетенцій, тоді як корпоративна освіта, окрім розвитку професійних компетенцій, має на меті сформувані наукові, комунікативні та інші.

Додатковою особливістю корпоративного навчання є те, що конкретизувати його зміст вкрай важко, бо він обумовлюється специфікою діяльності конкретної організації, формується на її основі і змінюється відповідно до розвитку компанії. У зв'язку з цим зміст корпоративного навчання називають «індивідуальним продуктом» [27].

4. *Ціль корпоративного навчання.* Як зазначалося вище, корпоративне навчання можна розглядати як з точки зору ініціаторів або організаторів процесу, так і з погляду педагогічної науки. Так, метою та очікуваними результатами навчання з точки зору останньої є формування певних компетенцій суб'єктів навчання, що являються засобом і необхідною умовою для досягнення поставлених корпоративних цілей. Таким чином, корпоративне навчання забезпечує підвищення професійного рівня працівників для збільшення їхнього вкладу у досягнення максимальної ефективності діяльності компанії [99].

Якщо розглядати ціль корпоративного навчання з точки зору ініціаторів чи організаторів процесу, то вона полягає у досягненні місії організації, підвищенні конкурентоспроможності організації [21], підвищення ефективності управління якістю персоналу [39, 44] та вирішення стратегічних та операційних завдань організації [52]. Так як корпоративне навчання реалізує цілу низку функцій, їх розділяють на три основні рівні (рис. 2.1).

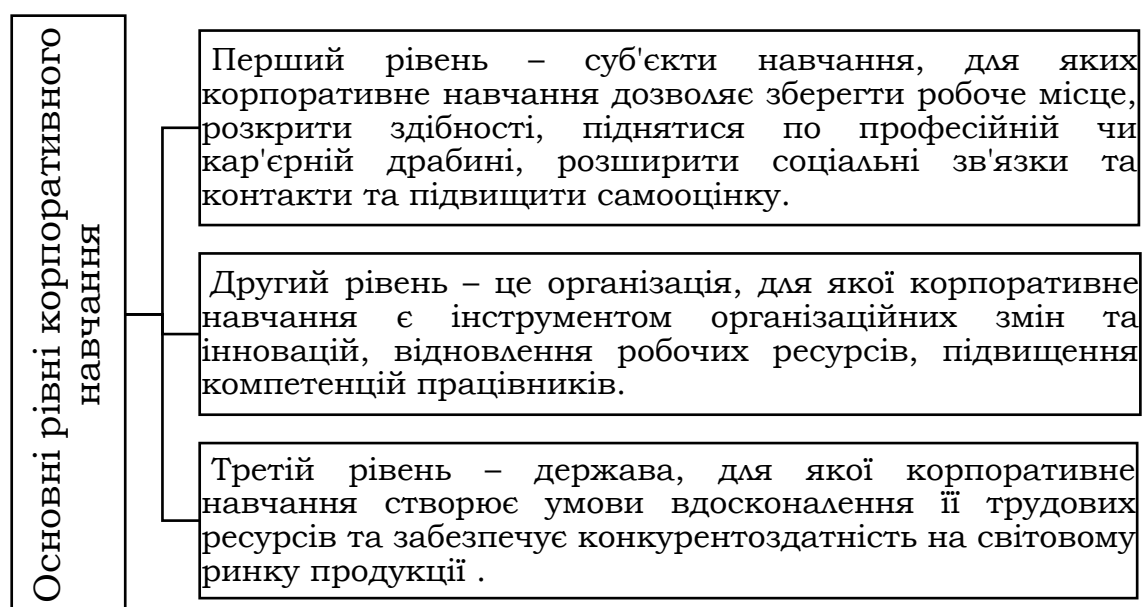


Рис. 2.1. Основні рівні корпоративного навчання

Джерело: [6]

5. *Характеристики корпоративного навчання.* На сьогодні виділяють ряд основних характеристик корпоративного навчання:

- актуалізація знань працівників компанії;
- формування нових навичок у працівників компанії;
- орієнтація знань на цілі організації;
- вдосконалення професійної компетентності працівників організації;
- розвиток системи корпоративних цінностей.

Тим не менш, очевидно, що до основних характеристик корпоративного навчання слід віднести:

- індивідуальний характер навчання – орієнтація на конкретного працівника чи групу співробітників компанії;
- затребуваність компетенцій – навчальний процес спрямований на формування у працівників організації знань, умінь чи навичок, необхідних для підприємства на наявному рівні розвитку;
- системний характер – навчальний процес побудований як для формування теоретичних знань та практичних навичок, так і для їх періодичної актуалізації.

Крім того, більшість авторів [2, 14, 24, 26, 28] одностайні щодо принципів, які формують корпоративну культуру високого рівня:

- високий рівень матеріальних і духовних цінностей організації;
- системний підхід до впровадження та розвитку корпоративної культури в організації;
- взаємопов'язаність і доповнення компонентів корпоративної культури;
- розробка плану гармонійного розвитку корпоративної культури на підприємстві;
- використання сучасних досягнень науково-технічного прогресу;
- максимальна увага спрямована на соціально-психологічну взаємодію всередині колективу, особистість співробітника і його інтереси як основні цінності для підприємства;
- формування відносин з суб'єктами як внутрішнього, так і зовнішнього середовища, заснованих на взаємній довірі та вигоді – передачі інформації, формуванні корисних навичок та компетенцій, отримання більшої кількості даних про суб'єктів взаємодії для кращого взаємного розуміння.

На сьогоднішній день виділяють ряд функцій культури, які можуть мати позитивний вплив на компанію [55]:

- продукування і накопичення духовних цінностей;
- оцінювально-нормативна функція;
- регламентуюча і регулююча функція;
- пізнавальна функція;
- творча функція;
- комунікаційна функція;
- функція суспільної пам'яті, збереження та накопичення досвіду людства;
- рекреативна функція – відновлення духовних сил в процесі сприйняття або включення в духовну діяльність.

У свою чергу, корпоративна культура трансформує ці функції та, відповідно, адаптує їх до рівня окремо взятого підприємства:

- використання кращих елементів накопиченої культури;
- продукування нових цінностей і їх накопичення;
- оцінювально-нормативна функція (на основі порівняння реальної поведінки людини, групи, корпорації з еталонів);
- регламентуюча і регулююча функція;
- пізнавальна функція (пізнання і засвоєння корпоративної культури, здійснюване на стадії адаптації працівника, сприяє включенню його в життя колективу, в колективну діяльність, визначає його успішність);
- творча функція (корпоративна культура впливає і на світогляд людини, часто корпоративні цінності перетворюються в цінності особистості і колективу або вступають з ними в конфлікт);
- комунікативна функція (через цінності, прийняті в корпорації, норми поведінки та інші елементи культури забезпечується взаєморозуміння працівників і їх взаємини);
- функція суспільної пам'яті, збереження та накопичення досвіду корпорації;
- рекреативна функція (відновлення духовних сил в процесі сприйняття елементів культурної діяльності корпорації).

Однією з першочергових ознак успішності етапу розробки корпоративної культури можна назвати її гармонійність: окремі елементи культури за рівнем свого розвитку, за спрямованістю, за ідеями, цілями, завданнями, способами досягнення цілей відповідають один одному [47]. На практиці ж корпоративна культура проявляється в:

- системі цінностей, властивій організації;

- в загальних принципах ведення справ;
- в традиціях організації і особливості її життєдіяльності;
- в специфічних нормах міжособистісних відносин і кадровій політиці;
- в офіційному кредо компанії і неформальних переконаннях її співробітників;
- в системі комунікацій.

Увага до феномену корпоративної культури визначається цілою низкою причин, однією з вирішальних є швидка та успішна інтеграція працівників у виробниче середовище компанії, а також формування у них почуття відданості організації незважаючи на постійні адаптаційні зміни в роботі корпорацій в умовах сучасного динамічного ринку. В силу своєї функціональної специфіки, корпоративна культура виступає як інструмент управління кадрами компанії [4]. Крім безпосереднього впливу на поведінку співробітників і формування їхньої відданості компанії через такі інструменти, як: система цінностей, норми, символи і культура, корпоративна культура може мати важелі впливу і на інші елементи управління персоналом. Наявність стрункої системи цінностей і норм поведінки дозволяє організації створити єдиний вектор руху і розвитку компанії та її співробітників. Втім, грамотно впроваджена корпоративна культура дозволяє не тільки поліпшити процес внутрішньої комунікації, а й забезпечує та старається постійно підвищувати лояльність співробітників підприємства, допомагає підтримувати командний дух колективу, від якого часом залежить безпека всієї компанії. Саме тому одним з основних завдань, що стоять перед керівниками і менеджерами сучасної організації, є консолідація всього персоналу навколо її основних цілей і завдань [14].

Як видно, визначення цілей організації – одне з наважливіших питань, яке повинно бути вирішене керівництвом компанії. У той же час, метою підприємства, у залежності від напрямку його діяльності, є отримання максимального прибутку або ж соціальна орієнтованість. Вона формується не стільки з економічної вигоди чи інших матеріальних чинників, як з цінностей організації, традицій, які вже в ній закладені.

У свою чергу, сформована та дієва корпоративна культура істотно підвищує можливості управління людськими ресурсами організації. Без цього, перш за все, неможливе ефективне стратегічне управління підприємством, оскільки воно тісно пов'язане з такими складовими корпоративної культури, як місія фірми, цінності і норми, що визначають роботу персоналу [29].

Основні параметри корпоративної культури:

- міра заохочення конформізму (зміна або оцінка думки індивіда в напрямку більшої згоди з групою) або індивідуалізму членів організації. Орієнтація стимулювання на групові або індивідуальні досягнення.

- ступінь переваги групових або індивідуальних форм прийняття рішень. Міра централізованості-децентралізованості прийняття рішень.

- акцент на зовнішніх або внутрішніх завданнях організації. Організації, орієнтовані на потреби клієнта, що підпорядкували їм всю свою діяльність, мають значні переваги в ринковій економіці, це підвищує конкурентоспроможність компанії.

- ступінь підпорядкованості діяльності заздалегідь складеним планам.

- співпраця або здорова конкуренція між окремими членами чи групами в компанії.

- ступінь простоти або складності організаційних процедур.

- міра лояльності членів до організації.

- ступінь інформованості членів про те, яка їхня роль в досягненні цілей організації. Відданість членів «своїй» організації.

Всі ці параметри ведуть до формування певного стилю поведінки в організації, тому дії співробітників в організації зі сформованою корпоративною культурою легше передбачити і контролювати [16]. Такий підхід забезпечує управлінський контроль робочого персоналу та, відповідно, підвищення ефективності його роботи. Окрім цього, прогностична здатність корпоративної культури дозволяє передбачити поведінку колективу за різних напрямків розвитку компанії та вибрати оптимальний для отримання максимального ефекту.

Характерними ознаками сформованої корпоративної культури в компанії, є [20]:

- однорідність членів організації, що передбачає відносно незначні межі віку працівників, та, відповідно, подібність інтересів і поглядів як на робочий процес, так і на соціальний і суспільний аспект розвитку особистості;

- стабільність і тривалість спільного членства - короткочасне членство в організації і постійна зміна її складу не сприяють освоєнню культурних особливостей;

- характер спільного досвіду та інтенсивність взаємодії між членами колективу чи групами компанії. У разі здобуття емпірич-

ного досвіду членами колективу при залученні інших структурних одиниць, сила впливу корпоративної культури на цей кластер колективу буде значно вища. Саме тому необхідно формувати різні за складом крос-функціональні групи не лише для вирішення поставлених завдань, а й для формування спільного досвіду, так званого «корпоративного духу». Таким чином, корпоративна культура формує певну систему координат та задає вектор руху для досягнення необхідних якостей колективу компанії.

Незважаючи на зростання важливості корпоративної культури для ефективного функціонування підприємства та підвищення його конкурентоздатності на економічному ринку, на сьогодні не існує сформованої узагальнюючої методики, яка б дозволила отримати достовірні дані при вивченні її формування. Також не розроблено кількісної оцінки ефективності її впливу на колектив підприємства, особливо не можливо оцінити її безпосередню роль в змінах виробничих процесів. Як правило, вивчення і узагальнення конкретних проявів корпоративної культури є довгим і трудомістким процесом, який передбачає абдукційний процес аналізу, відповідно, виходячи з термінальних результатів впливу корпоративної культури на колектив компанії [62].

У той же час корпоративну культуру можна розглядати як психологічне поле компанії, яке формується через ціннісні установки вищого керівництва компанії, матеріальна частина з яких є основою для окреслення політики організації. Виходячи з тезису про психологічний аспект корпоративної культури, необхідно розуміти, що дискретною одиницею її прояву є щоденна поведінка топ-менеджменту організації, а не задекларована місія і філософія компанії. Таким чином, вкрай важливо зрозуміти кореляційний зв'язок між цими основами корпоративної культури – при їх синергічній роботі формується корпоративна культура компанії швидко та дозволяє досягнути бажаних результатів, у той же час, у разі антагоністичного впливу – формування корпоративної культури залишиться на початковому етапі. Таким чином, для співробітників компанії поведінка керівника визначає усвідомлення себе і свого місця в компанії, ставлення до часу, ризику, матеріальних благ, лояльність до компанії і мотивацію до роботи і особистої ініціативи. Все це є проявами корпоративної культури, за якими можна визначити її тип [28].

Існує кілька типів корпоративних культур. У таблиці 2.1. представлені види корпоративних культур за стилем управління [19].

Види корпоративних культур за стилем управління

Види корпоративної культури	Опис	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Авторитарна	Централізація влади, суворі службові ієрархія, тотальний контроль за співробітниками. Думка колективу не враховується. Рішення приймаються керівником одноосібно або у вузькому колі найближчих сподвижників	Керівник може контролювати всі ділянки роботи. Чітка дисципліна. Може бути ефективною в умовах антикризового управління і в перехідний період. Не рекомендується для постійного використання.	Негативно впливає на морально-психологічний клімат в колективі. Веде до зниження ініціативи та особистої відповідальності співробітників. Відсутність зворотного зв'язку у відносинах підлеглий – начальник.
Ліберальна	Керівництво організації не бере активної участі в управлінні колективом. При вирішенні проблем і конфліктів займає нейтральну позицію.	Відсутність жорсткого контролю відкриває можливості для самореалізації співробітників. Може функціонувати в творчих колективах за умови наявності у співробітників високого рівня самодисципліни	При відсутності самодисципліни співробітників призводить до їх деморалізації і зриву роботи всієї організації
Демократична	Рациональний розподіл обов'язків між усіма членами колективу. Делегування повноважень, колегіальне прийняття ключових рішень, наявність двостороннього зворотного зв'язку.	Сприяє формуванню сприятливого психологічного клімату в колективі, підвищує лояльність і особисту відповідальність співробітників. Доцільна в періоди стабільного розвитку.	Може викликати труднощі при прийнятті рішень в разі великої роз'єднаності поглядів співробітників на окремі питання. При недостатньому авторитеті керівника може привести до саботажу його рішень.

Джерело: розроблено автором

Також у працях багатьох дослідників можна зустріти різні типології корпоративних культур. Так, відомий дослідник Джеффри Зонненфельд представляє свою типологію:

1. «Бейсбольна команда» – цей тип виникає тоді, коли в організації є необхідність у прийнятті ризикованих рішень, а

також реалізується негайний і безпосередній зв'язок із зовнішнім середовищем. Рішення приймаються швидко, заохочується талант, новаторство та ініціатива. Успішні працівники вважаються «вільними гравцями», а співробітники з невисокими показниками потрапляють «на лаву запасних». Як правило, компанії, в яких існує такий тип корпоративної культури, не перевищують чисельністю десяти чоловік, також в них приймаються швидкі і ризиковані рішення.

2. "Клуб" – найважливішою вимогою керівництва організацій з цим типом культури до співробітників є почуття лояльності до керівництва і прихильність до загальної системи цінностей організації, таким чином, працівник повинен відчувати спорідненість з «колективом», тобто повинен бути інтегрований у компанію не лише в робочий час, а й поза ним. Зазвичай співробітники в компаніях з таким типом корпоративної культури починають роботу з найнижчих посад і довго працюють, поступово просуваючись по службових сходах вгору, що забезпечує формування лояльності до підприємства загалом та формування почуття «сім'ї» з колективом. У зв'язку з цим, при оцінці кандидатів на підвищення високо цінується стаж роботи. Іншою практикою, характерною для компаній з цією культурою, є ротації співробітників по горизонталі, що забезпечить отримання ними широких уявлень про різноманітні види діяльності в компанії, а отже, підвищить досвід роботи та кваліфікацію працівника. За допомогою механізмів ротації в даних компаніях «вирощують своїх фахівців» широкого профілю (так звані «дженералісти»). Як приклади можна навести військові установи, деякі юридичні та консультаційні фірми, тобто організації, які здійснюють свою роботу в досить стійких ринкових нішах. Чисельність співробітників в таких компаніях може досягати декількох тисяч і навіть десятків тисяч чоловік.

3. «Академія» – цей тип характеризується орієнтованістю на поступове зростання співробітників, готових до довготривалого співробітництва з компанією, що зближує цей тип корпоративної культури з «клубом». Тим не менш, цей тип культури характеризується рядом відмінностей:

- робота вузькоспеціалізованих фахівців;
- можливість лише вертикального просування кар'єрною драбиною;
- відсутність можливості для заміни чи підміни працівника з іншого відділу чи служби.

Як правило, на роботу беруть випускників певних вузів, що надають необхідні знання та навички, які будуть необхідні працівнику цієї компанії. Окрім цього, у таких компаніях високо шануються їхні багаторічні традиції і звичаї.

4. «Фортеця» – характерна для компаній, які втратили свої колишні позиції на ринку в результаті невдало прийнятих рішень або низької адаптації до змін зовнішнього середовища. Постійна реструктуризація виробничих відносин, непродуктивна атмосфера відносин, традиції перекидання провини на зовнішні чинники, обмежені можливості кар'єрного росту, часто наймаються антикризові менеджери.

Одна з найпопулярніших на сьогодні типологій корпоративної культури запропонована К. Камероном і Р. Куїном [23]. В її основу автори поклали чотири групи критеріїв, що визначають стрижневі цінності організації:

- гнучкість і дискретність;
- стабільність і контроль;
- внутрішній фокус та інтеграція;
- зовнішній фокус і диференціація.

На основі цих первинних характеристик науковці викристалізували та описали такі види корпоративної культури [23, 24]:

Кланова корпоративна культура. Для цього типу корпоративної культури автори виділяють перший і основний критерій – дружні відносини між працівниками через наявність спільних інтересів. Таким чином, організації схожі на великі архаїчні племінні родини, а їх лідери або голови організацій сприймаються працівниками як вчителі або навіть як батьки. Організація тримається разом завдяки відданості та традиціям компанії, які поділяють всі співробітники. Організація робить акцент на отриманні вигоди в перспективі, але на довготривалій період. Такий результат досягається через вдосконалення особистості працівника після його інтеграції в колектив компанії. Окрім цього, компанії надають великого значення високому ступеню згуртованості колективу і моральному клімату, що забезпечується його постійним моніторингом та проведенням заходів по тимблдингу. У результаті цього, одним з критеріїв успіху для таких компаній є хороші відносини зі споживачем та турбота про власних співробітників. Щодо стилю роботи працівників, то такий тип корпоративної культури обумовлює впровадження бригадної роботи, залучення людей до бізнес-процесів, що забезпечує відчуття причетності кожного співробітника до долі компанії.

Адхократичний тип корпоративної культури характеризується формуванням динамічного підприємницького і творчого місця роботи для працівників компанії. Заради загального успіху компанії її працівники готові на особисті жертви (понаднормову роботу, роботу у вихідні, тощо) і ризик. Лідерами груп та служб є працівники-новатори, тобто люди, які реалізують нові проекти, що були розроблені безпосередньо ними, так і забезпечують імплементацію в роботу проектів інших компаній, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства загалом. Первинними ідеалами організації стають відданість, експериментування і новаторство. Гіпертрофується необхідність роботи з новітніми технологіями та розробками, а також аналіз та адаптація передового досвіду інших компаній. У довгостроковій перспективі організація наголошує на зростанні і здобутті нових ресурсів та досвіді. Успіхом для такої компанії є розробка та впровадження унікальних і передових продуктів чи послуг для споживача. Первинним завданням для компаній з таким типом корпоративної культури є лідерство на ринку продукції або послуг. Організація заохочує особисту ініціативу, творчість і свободу свої працівників.

Ієрархічна корпоративна культура. Компанія з таким типом культури є дуже формалізоване і структуроване місце роботи її працівників. Іноді цей тип культури називають «бюрократичним типом». Це пов'язано з тим, що будь-яка діяльність працівників повинна бути описана у певному робочому документі, таким чином, всією роботою управляють процедури. Лідери таких компанії є раціоналізаторами робочих процесів, які здатні оптимізувати процес до максимальних показників, окрім цього, вони характеризуються високими організаторськими здібностями. Цінується підтримка головного вектору діяльності організації. Як персонал, так і всю організацію загалом об'єднують формальні правила та її офіційна політика. Управління працівниками передбачає заклопотаність гарантією зайнятості і забезпеченням довгострокової передбачуваності.

Ринкова культура. Цей тип корпоративної культури домінує в організаціях, орієнтованих на результати. Її головне завдання - виконання поставленого завдання. Персонал такої компанії є цілеспрямованим, а середовище роботи характеризується внутрішньою конкуренцією. Лідери компанії характеризуються безкомпромісністю в управлінні та постійною конкуренцією як з іншими компаніями, так і між окремими відділами чи службами. Орга-

нізацію пов'язує воедино акцент на прагненні перемагати. Репутація і успіх є основною характеристикою успіху компанії. Стиль організації – спрямованість на підвищення конкурентоспроможності та зайняття лідерської позиції у галузі промисловості чи сфері послуг.

Вплив корпоративної культури на діяльність організації проявляється в таких формах:

- синхронізація індивідуальних цілей співробітників з цілями організації через прийняття її норм і цінностей;
- безпосередня участь в реалізації норм компанії та формування внутрішнього прагнення до досягнення поталених цілей;
- формування стратегії розвитку організації;
- єдність процесу реалізації стратегії і еволюції корпоративної культури під впливом вимог зовнішнього середовища.

Ще однією популярною класифікацією типів корпоративної культури можна вважати історично обумовлений поділ корпоративної культури, розроблений Т. Ю. Базаровим [3]:

Бюрократичний тип корпоративної культури диктує відповідний підхід до найму, просування і розвитку персоналу. Головний важіль впливу на підлеглих – силовий, він ґрунтується на використанні методів жорсткого прямого контролю. У працівників компанії цінується професіоналізм, дисциплінованість, підпорядкування керівнику. Саме за цими критеріями співробітники приймаються на роботу, зараховуються до кадрового резерву і отримують перевагу при кар'єрному просуванні.

Цей тип корпоративної культури має як свої мінуси, так і позитивні сторони, все залежить від способу та об'єкту його використання. Так, цей стиль найефективніший для виробничих дільниць чи служб, зайнятих у технологічних процесах з багатоступеневим процесами (організація-конвеєр).

Підприємницький тип корпоративної культури передбачає поєднання групового та індивідуального типу діяльності працівників, він доречний у маркетинговому відділі або відділі продажів, тобто, для підрозділів, які займаються пошуком нових рішень або генерацією креативних ідей. У такі підрозділи необхідно підбирати людей особливого типу - ініціативних, здатних мислити творчо, в характері яких присутня «підприємницька» жилка, що сприяє розумній внутрішній конкуренції. Тут буде успішний керівник типу «координатор» або «організатор».

Підприємницька корпоративна культура компанії ґрунтується на принципах ринкових відносин, тому тут на перший план виходить прибуток та інші матеріальні блага. Працівники спрямовані на досягнення власних цілей та не працюють над досягненням специфічних завдань організації, окрім однієї універсальної – досягнення максимального прибутку. Кращий спосіб змусити організацію працювати – найняти наполегливих, агресивно налаштованих людей і постаратися зберегти контроль над ними в умовах постійного мінливого зовнішнього середовища. Не виключено, що в цьому агресивному середовищі детальне опрацювання завдань організації виявиться безглуздою справою, оскільки вирішальним фактором є ініціатива самих працівників. Головним завданням топ-менеджменту компанії є вчасне і правильне стимулювання співробітників, при цьому, основними стимулами тут можуть бути винятково економічні. Одним із основних способів мотивації можуть стати нові завдання перед компанією, які відкривають перспективні можливості для самореалізації персоналу. Для забезпечення відповідного мотиваційного рівня для працівника, менеджери компанії повинні правильно розділити завдання, щоб вони були співрозмірні потенціалу робітника, а винагорода, у разі успіху, відповідала кількості затрачених зусиль [7]. Для таких одержимих роботою підприємливих людей не мають особливого значення посади і звання, що дає керівнику певну свободу маневру при обмежених фінансових ресурсах, дозволяючи особливо довго не мучитися над питанням, чий внесок в загальний результат був найбільшим.

Органічна корпоративна культура передбачає таку форму побудови внутрішніх відносин працівників, за якою вони переймаються, в основному, соціальними потребами і знаходять почуття ідентифікації тільки у взаєминах з іншими людьми. Надзвичайно важливим моментом у становленні та розвитку таких організацій є соціальні відносини як всередині колективу, так і за його межами. Така взаємодія формується в процесі роботи та, відповідно, комунікації працівників, у той же час сама професійна діяльність робітника відходить на задній план. Для такого типу компанії є недоцільним використання бюрократичного типу управління, бо працівники спрямовані на комунікацію та емпатію до своїх колег, тому ефективнішим процесом управління буде трансляція вимог через колектив, ніж через безпосередній вплив керівника. Високий рівень згуртованості формує колективне уяв-

лення про ті чи інші процеси чи явища, що є джерелом морального авторитету для членів трудового колективу. Тому якщо керівництву необхідно знайти підхід до своїх співробітників, то їм, в першу чергу, потрібно акцентувати увагу на соціальних потребах своїх підлеглих і, звичайно ж, потребах у суспільному визнанні [9].

Партиципативна корпоративна культура володіє відмінними рисами, порівняно з усіма вище вказаними типами, адже тут декларується індивідуальний підхід до кожного працівника, бо людину розглядають, в першу чергу, як особистість, а не інструмент для виконання завдань. Цей підхід найскладніший зі всіх, тим не менш дозволяє отримати максимальний ефект як для компанії, так і для працівника, бо працівники при такому стилі управління володіють відповідною гнучкістю, яка забезпечує органічне поєднання своїх особистих цілей з цілями команди. Організаційним завданням управлінця такого колективу є органічний розвиток колективу з гіпертрофією «взаємодоповнювальних» здібностей кожного члена команди. Іншим важливим аспектом роботи керівника є розробка та донесення до кожного співробітника спільність основних ціннісних установок, що забезпечить повноцінне використання індивідуальних навичок і вмінь при досягненні загальнокомандних цілей.

Відтак, менеджеру з персоналу необхідно встановити психологічні аспекти кожного працівника та застосовувати індивідуальні методи роботи з ними. У той же час спільна мета колективу повинна формулюватися таким чином, щоб енергія команди могла бути конструктивно спрямована на її досягнення та забезпечила паралельне виконання індивідуальних завдань кожного члена команди. Невід'ємним фактом успішності роботи такого колективу є наявність осмисленої комунікації, яка забезпечує активну участь усіх членів команди в аналізі проблем і перспектив, плануванні спільних дій, оцінці отриманих результатів і індивідуальних вкладів у загальну роботу [30].

Таким чином, можна виділити два способи впливу корпоративної культури на робочий колектив організації:

- 1) культура і поведінка взаємно впливають один на одного;
- 2) культура впливає в основному на спосіб виконання роботи, а в меншій мірі – на об'єкт процесу.

Саме тому корпоративній культурі як явищу необхідно приділяти особливу увагу в загальній картині кадрової політики.

Діагностика корпоративної культури дозволяє класифікувати рівень трудових відносин, що склалися в різних структурних підрозділах і в організації в цілому. Розуміючи, в якому полі працює організація, можна вибудувати в кожному структурному підрозділі відповідну його завданням політику управління персоналом або провести корекцію корпоративної культури [2].

Корпоративна культура як засіб мотивації персоналу та чинники, що впливають на її розвиток. Термін «мотивація» походить від французького «мотив», що в перекладі означає: спонукальна причина, привід до тієї або іншої дії. «Мотивація – це спонукання співробітників до досягнення цілей компанії при дотриманні своїх інтересів» [25]. Мотивація не є реальним феноменом, який можна спостерігати, це синтетичне поняття, яке не можна безпосередньо спостерігати чи виміряти емпіричним шляхом, а можливо лише опосередковано встановити її наслідки.

Мотиви бувають двох типів:

- внутрішні мотиви – породжені певним ставленням людини до своєї діяльності;
- зовнішні мотиви – обумовлені впливом на об'єкт певних факторів, що існують незалежно від нього і що приводяться в дію іншими людьми і обставинами. Зовнішні мотиви також називають стимулами, вони поділяються на матеріальні та нематеріальні.

У вузькому сенсі слова «вмотивована діяльність» – це вільні, обумовлені внутрішніми спонуканнями дії людини, спрямовані на досягнення цілей, реалізацію інтересів. У вмотивованій діяльності працівник сам визначає спосіб дій та їх об'єм, що залежить від внутрішніх та зовнішніх умов.

У науковій літературі не завжди проводиться чітке розмежування між стимулами і мотивами. Більшість науковців сходяться на думці, що зовнішні чинники («стимули») не слід об'єднувати з внутрішньоособистим спонуканням до здійснення необхідних виробничих процесів. Це пов'язано з тим, що стимули в більшій мірі схильні до регуляції керівниками, ніж внутрішні спонукання людини [61].

Для завершення розбору термінологічної сторони цього наукового аспекту необхідно зазначити, що всі фактори, які беруть участь у мотиваційному процесі та регулюють поведінку людини в процесі праці, прийнято називати мотиваційними чинниками або мотиваторами, які складають мотиваційну структуру особистості. Ця структура є нетривка і здатна до постійних змін,

тим не менш, її основа залишається інваріабельною. Така динамічна рівновага формується завдяки системі цінностей, яка регулює способи задоволення потреб індивіда, які, у свою чергу, формують у людини мотиви, що забезпечують активність для досягнення цілей. Така складна система стимулювання особистості до діяльності являє собою процес мотивування.

У зв'язку з тим, що формування процесу мотивації носить психологічний характер, неможливо однозначно виділити фактори для ціленапрявленого підвищення ефективності роботи персоналу. Тим не менш, в науковій літературі виділяють ряд чинників, які ускладнюють процес практичного застосування мотивації на практиці. Перший з них – неочевидність мотивів: не можливо однозначно встановити першопричину вчинку індивіда. Таким чином, ґрунтуючись на поведінці працівників, не можна встановити ідентичність мотиваційних основ при формуванні спонуки до діяльності у схожих умовах. Також надзвичайно важко виявити, які основні мотиви, домінують в здійсненні людиною дій в конкретних умовах, а які носять додатковий характер [26].

Інший фактор – трансформація мотиваційного процесу, його характер кожного разу залежить від того, які потреби його ініціювали. Самі потреби при цьому часто знаходяться в складній взаємодії між собою, а нерідко прямо суперечать одна одній. Навіть при найретельнішому вивченні мотиваційної структури людини неможливо передбачити непередбачені зміни в її діяльності і її реакцію на дії зовнішнього мотивування. [64].

Як зазначалося вище, при вмотивованій діяльності працівник сам визначає об'єм своїх зусиль, який знаходиться у прямій корелятивній залежності від внутрішніх процесів спонукань у поєднанні з факторами зовнішнього середовища. Мотив до праці формується тільки тоді, коли трудова діяльність стає як мінімум основною умовою отримання блага. Таким чином, мотивація праці стає найважливішим фактором результативності роботи, що впливає на ступінь розкриття трудового потенціалу співробітника, тобто всієї сукупності властивостей, що впливають на виробничу діяльність.

На сьогодні сформульовано та проаналізовано цілий ряд теорій, які пояснюють процес мотивації, а також описують практичні сторони способів мотивування людей на досягнення бажаних результатів. Для узагальнення, виділяють дві основні групи теорій мотивації: есенціальні і процесуальні теорії.

1. *Ессенціальні теорії* мотивації ґрунтуються на ідентифікації внутрішніх спонукань (потреб), які змушують діяти індивіда відповідним чином [36].

2. *Процесуальні теорії* розглядають мотивацію з поведінкової точки зору індивіда – аналізують, як людина розподіляє зусилля для досягнення різних цілей і як вибирає конкретний вид поведінки, що визначається не тільки потребами, а й сприйняттям, очікуваннями і наслідками обраної лінії поведінки [10, 12].

Зростання інтересу до корпоративної культури, що стало трендом сучасного бізнесу, абсолютно не випадкове, адже цей аспект формування компанії володіє прямим впливом на мотиваційну складову її працівників. Незважаючи на те, що формуванню корпоративної культури і впровадженню корпоративних цінностей на підприємствах нашої держави часто не приділяється належної уваги, багато керівників розуміють важливість цих понять, в першу чергу в контексті створення в організації ефективної системи мотивації персоналу, яка забезпечить стабільність ефективності їхньої роботи та, відповідно, підвищить конкурентоздатність компанії загалом. Виходячи з результатів багатьох наукових досліджень [7] корпоративна культура може по праву вважатися дієвим інструментом мотивації персоналу. Так, встановлено, що до 85% мотивації співробітника залежить від стабільності компанії, його посади в організації, можливостей кар'єрного росту та взаємодії з колегами і керівництвом.

Завдяки корпоративній культурі керівник як підприємства, так і окремо взятого підрозділу компанії може сформувати міцний колектив або команду співробітників, які якісно та ефективно виконуватимуть поставлене перед ними завдання. Розвиток таких елементів корпоративної культури як місія компанії, цілі, імідж, корпоративні цінності безпосередньо пов'язані із стимулюванням нематеріальної мотивації співробітників. Основною умовою ефективності корпоративної культури як мотиватора є її сприйняття усіма співробітниками і керівництвом організації. Саме вона стає «поведінковим тригером», який спонукає людей до вчинення необхідних для компанії дій та підтримки існуючих норм [50].

Корпоративна культура може існувати в компанії в двох основних формах:

1. *Формальна корпоративна культура* оперує основними термінами, засадами та принципами, закріпленими в офіційних документах компанії: інструкціях, правилах поведінки.

2. *Неформальна корпоративна культура* – це в першу чергу цінності, традиції і неписані правила компанії, незважаючи на наявність зафіксованої філософії, цінностей та цілей компанії.

Виходячи із вказаних вище даних, формування корпоративної культури, як правило, починається з чіткого формулювання місії компанії та її базових цінностей. На базі цих найважливіших складових формулюються стандарти поведінки працівників, традиції і символіка компанії. Програма мотивації, в свою чергу, ґрунтується на базових цінностях компанії, саме тому необхідно приділити значну увагу розробці цього документу та надати у повній мірі їх визначення.

Корпоративні цінності виступають в якості моральних орієнтирів компанії, які здатні протистояти небезпечним дезінтеграційним процесам в колективі. Цінності компанії можна розглядати як певний набір світоглядних позицій і установок як для цілого колективу, так і для окремо взятого працівника. Вони можуть бути спрямовані як безпосередньо на самого співробітника, так і на колектив і компанію в цілому. Цінності компанії є неформальним вираженням ідеальних особистісних якостей співробітника. Якщо цінності компанії збігаються з цінностями будь-якого співробітника, його мотивація одразу ж підвищується, у протилежному випадку, коли індивідуальні тенденції переважають над ціннісним ставленням працівника, навіть його високий рівень професіоналізму не забезпечить стабільність ефективності роботи робітника в компанії. Окрім мотивуючого аспекту, корпоративні цінності компанії безпосередньо впливають на лояльність та відданість персоналу, що у сучасних умовах ринку праці нашої країни вкрай важливе через «текучість» кадрів та неможливість швидкої заміни висококваліфікованих кадрів з достатнім досвідом роботи.

Будучи ефективним адміністративним інструментом, корпоративна культура спрямована на підтримку інтересу персоналу як до виробничих процесів і їх оптимізації, так і до життя підприємства в поза робочий час, формування лояльного ставлення до компанії.

Іншими основними елементами корпоративної культури, які можуть виступати в ролі мотиваційних чинників, є місія і цілі компанії, візія організації, норми і правила поведінки працівників, процедури і поведінкові ритуали в компанії, комунікаційні канали. Аналіз ролі цих елементів в ролі мотиваційних аспектів представлений нижче.

Так, місія компанії відображає не лише важливість її діяльності для суспільства загалом, але і дозволяє відчувати співробітникам гордість за свою організацію, вселяє в них почуття причетності до важливих соціальних або економічних змін в соціумі та державі. Місія компанія виступає сама по собі в якості мотиваційного інструменту, так як відображає важливість роботи кожного співробітника і колективу в цілому, встановлює важливі та незмінні ідеальні стандарти, формує уявлення про проміжні цілі і надає сенс рутинній роботі. Первинним завданням топ-менеджерів та керівників структурних одиниць донести місію компанії до кожного працівника компанії та забезпечити не лише її розуміння, а й прийняття. Цей елемент вкрай важливий, бо коли місія компанії поділяється її співробітниками, вона служить потужною мотивацією, формуючи відчуття значущості кожного працівника і, в підсумку, підвищує продуктивність їх праці [53].

Близьким за змістом елементом корпоративної культури, який виконує мотиваційну функцію, є візія компанії. Цей елемент культури вкрай важливий для великих компаній чи корпорацій, які мають ряд напрямків виробництва з власними центрами управління, так як він сприяє згуртуванню людей та наданню їм одного вектору для руху. Візія компанії об'єднує ідеали співробітників в єдиний еталон цінностей, який слугує взірцем для співробітників, що були лише прийняті на роботу. Саме вони створюють відчуття морального орієнтиру для співробітників компанії і забезпечують незмінність цілей. Візія компанії як засіб мотивації повинна бути простим, відкритим та доступним для всіх працівників компанії процесом, який регулюється відомими правилами, а тому заслуговує на довіру. Таким чином, основною метою формування візії компанії та її ретрансляції на персонал компанії є надання сенсу праці та задання орієнтиру діяльності організації загалом.

Не менш важливими для формування, підтримання або підвищення вмотивованості працівників компанії є її цілі. Щоб ефективно впроваджувати нематеріальної мотивації персоналу компанії на основі її цілей, вони повинні відповідати місії компанії та, що найважливіше, співвідноситися з особистими цінностями співробітників. Ця додаткова умова є визначальна, так як лише внутрішні стимули працівника дозволять йому ефективно виконувати необхідну для компанії роботу. Лише після того, як робітник поділяє загальні цілі компанії, його безпосередній керівник

повинен пояснити йому його роль у їх досягненні – лаконічно сформулювати вклад результатів роботи працівника, а також вказати спосіб їх вимірності та способу оптимального досягнення.

У ряді випадків, характерних для молодих компаній, цілі організації або формулюються співробітниками на загальних зборах, або узгоджуються з ними. Локальні цілі кожного співробітника вписуються в глобальні цілі підприємства, при іншому підході в центрі уваги виявляється не особистість співробітника, а цілі і завдання компанії.

При формуванні системи мотивації персоналу необхідно вибудувати його цільову структуру, де цілі відділів та окремих працівників вписані в цілі компанії без будь-яких протиріч. Це практично ідеальна ситуація, яка дозволяє цілям компанії виступати одночасно мотивуючим фактором для працівника. В реаліях сучасного бізнесу, цілі компанії, відділів і співробітників йдуть в одному напрямку лише в 20% випадків [51].

Для працівників служби HR, які прагнуть підвищити мотивацію співробітників компанії, необхідно пам'ятати, що на етапі інтеграції нових працівників у структуру компанії можуть виникнути особистісні труднощі двох типів:

1. залучення працівників, у яких особистісна мотивація ще не сформована, що зумовлює нерозуміння ними власних бажань і прагнень;

2. залучення співробітників з несформованим ставленням до трудової діяльності. Такі працівники характеризуються тим, що робота сама по собі не є самореалізацією для них, а отже, їхня ефективність не буде достатньою для компанії.

Якщо подібних кандидатів не вдалося відсіяти на етапі прийому на роботу, то прищепити їм інтерес до роботи буде проблематично [42], що зумовить втрати для компанії як ресурсів, так і часу.

Окрім базових елементів корпоративної культури, мотивуючими факторами можуть вважатися [12, 37, 55]:

- 1) *можливість самореалізації*. Самореалізація – це відмінний інструмент нематеріальної мотивації персоналу компанії. Цей механізм мотивації працівників компанії є вкрай ефективним, так як він ґрунтується на основних особистісних прагненнях людини: реалізації власного потенціалу, досягненні запланованого професійного та особистісного розвитку, участі в управлінських процесах, довірі від керівництва для прийняття самостійних рішень.

Для реалізації цього елемента нематеріальної мотивації працівників кадрова політика компанії обов'язково повинна включати можливість для самореалізації через тренінги, стажування чи професійні конкурси.

2) *кар'єрний ріст працівника*. Служба управління персоналом, яка розробила і ефективно впровадила програму кар'єрного росту співробітників, володіє ефективним механізмом мотивації персоналу. Це пов'язано з тим, що співробітник, який покращив свої *hard skills* та отримав підвищення, а отже, і визнання з боку колег та керівництва, буде працювати з більшою віддачею та прагнучим ще більшого. Окрім мотиваційного аспекту, працівник стає самостійнішим, отримує нові повноваження і, як наслідок, більшу відповідальність за прийняті рішення. Таким чином, розвиток кар'єри персоналу є одним з найпотужніших мотивуючих факторів, а корпоративна культура, що передбачає можливість розвитку працівника як спеціаліста, є ефективним мотивуючим фактором, порівняно з системою, яка обмежує співробітників лише одним щаблем кар'єрної драбини. Окрім вертикального кар'єрного руху персоналу, позитивний вплив на мотивацію має ротація персоналу у горизонтальному напрямку. Вона забезпечує взаємозамінність всередині колективу, сприяє підвищенню професійної кваліфікації працівників, розширює уявлення співробітників про напрямки діяльності, зміцнює зв'язки між підрозділами.

3) *інформування*. Співробітники повинні володіти повною інформацією про те, що важливо особисто для них, так як це є базовою потребою особистості, яку не можна залишати без уваги. Працівникам компанії повинна надаватися без жодних обмежень достовірна і достатня для формування загальних висновків інформація про справи компанії, що стосуються безпосередньо їх, і вона має значення для прийняття ними рішень, бо стан невизначеності знижує їхню мотивацію.

4) *комунікація*. Зв'язок між співробітниками, налагоджені комунікаційні потоки сприяють згуртуванню колективу. Вербальна та невербальна комунікація персоналу формує всередині колективу характерну модель поведінки, яка виражатиме та одночасно підтримуватиме норми, правила та стандарти компанії. Якщо корпоративний кодекс, який містить правила чи алгоритми для вирішення проблемних ситуацій, формувався за участю співробітників компанії, він слугуватиме для них потужним нематеріальним стимулом.

5) *символіка*. Корпоративні девізи, кольори і традиції компанії – невід’ємна частина корпоративної культури, вони є потужним мотивуючим чинником, що допомагає донести місію і корпоративні цінності компанії до персоналу в найбільш доступній формі. У той же час традиції представляють середовище внутрішньої комунікації персоналу всередині компанії та, відповідно, забезпечують ефективну асиміляцію нових представників, а організація робочого простору, фірмовий одяг, корпоративні кольори та атрибути є засобами для її реалізації.

Формування в організації корпоративної культури завжди володітиме певними характерними особливостями, властивими галузі її виробництва – особливості технології виробництва та впровадження передового технічного обладнання, врахування особливостей ринку збуту та психологічних характеристик споживачів готової продукції компанії. Так, корпоративній культурі компаній, які працюють у галузі «харчових продуктів», притаманна загальна риса – віра в інновації. Однак ця риса може бути реалізована по-різному в компаніях в межах однієї національної культури [42].

Будь-яка організація, яка розвивається, особливо інтенсивним способом, в меншій мірі – екстенсивним чином, зустрічає необхідність залучення нових працівників, що переважно вже мають досвід роботи в інших організаціях, для яких була характерна індивідуальна корпоративна культура. Нові члени організації, свідомо чи ні, приносять попередній досвід, який, традиційно, містить як «позитивні» сторони – навички чи стереотипи поведінки, які допомагають у виконанні роботи, так і «негативні» – тип поведінки, який йде в розріз з правилами нової корпоративної культури. Можливість швидко та ефективно викоринити в новому працівникові виявлені «негативні» прояви залежить від якості корпоративної культури, яка визначається трьома показниками [22]:

- «глибиною»;
- ступенем прийняття принципів корпоративної культури працівниками підприємства;
- розумінням основних принципів корпоративної культури.

Так, «глибина» корпоративної культури включає в себе ряд кількісних та якісних показників, які характеризують основи корпоративної культури, а також їхню сталість для працівників компанії. Відомо, що багаторівнева корпоративна культура, яка включає комбінацію переконань і цінностей, здатна впливати на поведінку

працівників в організації і, відповідно, її коректувати. Ранжування переконань та цінностей для корпоративної культури є важливими для їх правильного сприйняття працівниками компанії, тим не менш відносна важливість згідно рангу не зменшує ролі та взаємозалежності кожного з них. Якщо ж пріоритетність та взаємозв'язки між цінностями в корпоративній культурі носять розмитий характер, такий інструмент служби HR не дозволяє у необхідній мірі корегувати поведінку працівників підприємства. Показовим моментом різниці між двома, описаними вище корпоративними культурами можуть слугувати взаємодія працівників компанії в конфліктній ситуації. У першому випадку працівники вирішуватимуть проблему, дотримуючись загальних принципів поведінки, які не завдадуть репутаційних втрат компанії. У другому, на перший план вийде особистий інтерес та емоції працівників, які не будуть регулюватися корпоративною етикою та культурою загалом.

Позитивною стороною сформованої корпоративної культури, яка поділяється великим числом працівників і в якій чітко визначені пріоритети, є глибокий вплив на поведінку працівників в організації та здатність до її корекції. Тим не менш, цей феномен володіє і негативною стороною – здатністю виступати серйозною перешкодою на шляху проведення організаційних змін. Всі нововведення в корпоративній культурі спочатку завжди слабо асимілюються працівниками компанії. Саме тому оптимальною для реорганізації компанії, ймовірно, є помірно сильна корпоративна культура.

На розвиток корпоративної культури впливає велика кількість чинників, для їх класифікації можна виділити 3 основних групи [35]:

1. Особистісно-поведінкові чинники відносяться до індивідуальних особливостей і характеристик усіх працівників компанії як керівного складу підприємства, так і їх підлеглих. Вони безпосередньо визначають напрямки формування системи цінностей всередині компанії, а також впливають на прояви корпоративної культури підприємства у зовнішній сфері.

До особистісно-поведінкових факторів відносяться:

а) *первинні цінності* – основні аспекти діяльності компанії, які розглядаються як «індикатори» її ефективності. Ці показники є різними, відповідно до вибору вищого керівництва компанії: отримання прибутку, задоволення запиту клієнта, якість продукту,

особистість співробітника і його умови роботи. На їх основі вибудовується система мотивації в компанії.

б) *індивідуальні особисті і професійні особливості співробітників*. Цей чинник корпоративної культури є одним з визначальних у впливі на стиль спілкування працівників компанії як на офіційному, так і на побутовому рівні. Для формування ефективного та прийняттого стилю комунікації в компанії та його інтеграції в корпоративну культуру працівники служби HR повинні врахувати середній вік співробітників, рівень їхньої освіти, світогляду, встановити напрямки їх професійного розвитку, а також окремі особистісні характеристики, такі як інтереси та хобі. На основі цих особливостей підбирається стиль комунікації працівників, а у разі його успішної асиміляції – розвивається культура спілкування в компанії.

в) *особисті та професійні особливості керівника*. Будь-який керівник є лідером структурної одиниці, що, автоматично, перетворює його на об'єкт для наслідування співробітників. Важливим завданням для менеджера є вміння проявляти свій професіоналізм у робочих питаннях та ефективно здійснювати управлінську діяльність. Окрім цього, росте зацікавленість його особистим життям зі сторони підлеглих, що матиме додатковий вплив на його лідерські позиції в колективі. У зв'язку з цим необхідно серйозно ставитися до своїх безпосередніх обов'язків на робочому місці, бути в курсі всіх подій, що відбуваються як усередині компанії, так і зовні. Важливою характеристикою для успішної роботи управлінця структурної одиниці молочного підприємства є наявність у нього професійних навичок, які є у його підлеглих, а також досвід роботи на робочому місці. Ці характеристики дозволять не лише якісно, як для працівників структурної одиниці, так і для підприємства загалом виконувати покладені на нього професійні обов'язки, а й забезпечать необхідну комунікацію з працівниками, встановлення первинних причин втрат та проведення процесу оптимізації роботи працівників для підвищення її ефективності. Діяльність керівника структурної одиниці компанії в такому ключі забезпечить зміцнення довіри з боку співробітників, що забезпечить підвищення ефективності та якості роботи працівників з одного боку, а з іншого – підвищить їхню лояльність до компанії. Додатковою, але не менш важливою особистою характеристикою керівника як лідера є вміння вислухати свого співробітника, увійти в його становище, дати пораду, підтримати в необхідний момент.

Серед способів підтримки корпоративної культури всередині компанії слід відмітити такі [48]:

- декларування та виконання встановлених принципів ставлення менеджерів до своїх працівників, а також їх відповідальності перед суспільством, що виражається у гаслах компанії, а також місії, цілях, правилах і принципах організації;

- як вже зазначалося вище, рольове моделювання – щоденна поведінка менеджерів на робочих місцях, їх ставлення і стиль спілкування з підлеглими. Особисто демонструючи підлеглим поведінкові норми компанії, а за необхідності, концентруючи їх увагу на окремому аспекті, наприклад, на певному ставленні до клієнтів чи до свого колеги або умінні слухати інших, менеджер допомагає формувати необхідні на цей час аспекти корпоративної культури;

- зовнішні символи, які включають систему заохочення, статусні символи, критерії, що лежать в основі кадрових рішень. Одним з ефективних способів розвитку та підтримки корпоративної культури в організації є система нагород і привілеїв, які формують як матеріальний, так і нематеріальний спосіб мотивації управлінцем власних працівників структурного підрозділу компанії.

Останній спосіб, зазвичай, пов'язаний з впровадженням в компанії необхідних зразків поведінки працівників, а також ефективності їхньої роботи. Такі способи впливу на працівників підприємства дозволяють розставити для працівників пріоритети і вказати на особисті та професійні цінності, що мають значення для окремих топ-менеджерів і організації в цілому. У цьому ж напрямку працює система статусних позицій в організації. Так, розподіл привілеїв (гарний кабінет, секретар, автомобіль) вказує на роль та модель поведінки, які високо оцінюються в організації [56].

2. Структурно-нормативні чинники знаходяться у прямій залежності від структури компанії, цілей, які вона переслідує у своїй діяльності, типу діяльності компанії. Вказані фактори можна описати ґрунтуючись на:

Місія і цілі організації, її стратегія. Корелятивний зв'язок місії і цілей організації з корпоративною культурою описано вище, тому на цьому етапі обговорення становимо роль стратегії компанії для корпоративної культури. Будь-яка компанія має стратегію свого розвитку як в довготривалій перспективі, так і локально. Для ефективної її реалізації необхідне загальне залучення працівників, яке полягає не лише в якісному виконанні ними своїх обов'язків, а

й у виконанні робіт, які не передбачені посадовими інструкціями чи понаднормовій діяльності. Така відданість компанії формується за допомогою корпоративної культури, саме тому вони повинні знаходитися в гармонії між собою. Важливим аспектом є систематична робота щодо ознайомлення працівників підприємства з місією, цінностями та стратегією організації. Саме тому необхідно постійно нагадувати про них у різних формах, наприклад, у друкованому вигляді, електронній формі чи при спілкуванні з колективом, зміцнювати та актуалізовувати, демонструючи на власному прикладі їх важливість.

Структура організації – на цьому етапі розгляду корпоративної культури вказана вище вокабула включає не лише організаційну структуру компанії, а й фізичне розміщення (розташування офісних приміщень та інтер'єр). Врахування цього чинника в організації роботи окремих відділів компанії є необхідним, так як він задає стиль спілкування співробітників і процес їх взаємодії один з одним під час роботи, що, в кінцевому результаті, впливає на їх сприйняття цінностей та цілей компанії.

Принципи відбору співробітників – набір якостей, яке керівництво цінує у своїх співробітниках. В одних фірмах можуть цінувати похмурих, але ефективних співробітників, в інших же віддавати перевагу більш товариському та відкритим людям. Даний фактор впливає на кадровий склад компанії, який багато в чому визначає корпоративну культуру, особливо культуру спілкування [42].

3. Зовнішні чинники. Незважаючи на те, що організація може змінювати себе зсередини, вона в значній мірі піддається впливам зовнішнього середовища. Особливо зовнішні чинники важливі для молодих компаній, які ще не встигли зайняти міцне місце в своїй ніші на ринку. Рівень інфляції, ринкова конкуренція, оподаткування, особливості законодавства, рівень корупції, держпідтримка бізнесу, демографічна ситуація в країні – все це змушує компанію коригувати свою діяльність, підлаштовуючись під вплив цих факторів.

Зрозуміло, подібні чинники в меншій мірі впливають на компанії-гіганти інтернаціонального рівня, які існують вже довгий час, займають передове місце, ведуть свою діяльність на території багатьох країн. Для них питання внутрішньої організації стають набагато важливіше. Для того, щоб оцінювати ступінь важливості і вплив зовнішніх чинників на підприємства, варто розуміти, чи

може компанія коригувати ці фактори, створюючи собі можливості для роботи, або ж їй, навпаки, варто підлаштуватися під їх зміни.

Зовнішнє середовище має значний вплив на організацію, що, природно, позначається на її культурі. Однак, як свідчить практика, дві організації, що функціонують в одному і тому ж оточенні, можуть мати дуже різні культури. Це відбувається тому, що через свій спільний досвід члени організації по-різному вирішують дві дуже важливі проблеми [38]:

1. зовнішня адаптація – що повинно бути зроблено організацією для того, щоб вижити в умовах жорсткої зовнішньої конкуренції;

2. внутрішня інтеграція – як внутрішньоорганізаційні процеси і відносини сприяють її зовнішній адаптації.

Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища, формування завдань і цілей молочного підприємства України. Місія компанії – чітко виражена причина існування організації на ринку, вона деталізує статус компанії і забезпечує напрям та орієнтири для визначення цілей і стратегій на різних організаційних рівнях [116].

Першочерговим завданням топменеджерів компанії є чітке окреслення місії організації, яка повинна бути лаконічно виражена та задокументована. Наступним кроком є її представлення працівникам компанії, що забезпечить початок формування корпоративної культури та колективу, як єдиного цілого. На основі сформованої місії компанії розробляються її цілі, які служать як критерії для всього подальшого процесу ухвалення управлінських рішень. Це обумовлено тим, що цілі слугують мірилом ефективності результатів прийнятих рішень, тому якщо керівники структурних одиниць не знають, яка основна мета їх організації, то у них не буде логічної точки відліку для вибору якнайкращої альтернативи.

Тим не менш багато керівників компаній ніколи не піклуються про вибір і формулювання місії своєї організації, особливо це характерно для дрібного підприємництва. Часто місія компанії здається їм очевидною та зводиться до отримання прибутку. Поза сумнівом, воно є істотною метою, тим не менш, при ретельному аналізі цієї ситуації стає зрозумілою невідповідність вибору матеріального збагачення як загальної місії у порівнянні із загальною діяльністю компанії.

Прибуток є повністю внутрішньою проблемою підприємства, так як організація є відкритою системою, вона може вижити, тільки якщо задовольнятиме потребу споживачів, які знаходяться у зовнішньому середовищі. Таким чином, для отримання необхідного прибутку компанія повинна стежити за змінами у зовнішньому середовищі, в якому вона функціонує, тому саме тут керівники повинні знаходити загальну мету організації.

Для полегшення пошуку та опису мети компанії її керівники повинні відповісти на два основних питання: "Хто наші клієнти?" та "Які потреби наших клієнтів ми можемо задовольнити?". Відповідно, клієнтом в даному контексті буде споживач продуктів діяльності організації, у той же час клієнтами некомерційної організації будуть ті, хто використовує її послуги і забезпечує її ресурсами. Вибір такої місії організації як прибуток обмежує можливість керівництва вивчати допустимі альтернативи при ухваленні рішень.

Необхідність вибору місії компанії була неодноразово задекларована багатьма відомими керівниками підприємства та управлінцями задовго до розробки теорії систем. Так, Генрі Форд, керівник, що добре розумів значення прибутку, визначав місію компанії "Ford", як «надання людям доступного транспорту». Він правильно відзначав, що якщо хтось це робить, то прибуток неодмінно прийде [32].

На основі сформульованої місії розробляються загальні цілі компанії, які повинні володіти рядом характеристик:

1. *бути чіткими та вимірними* – формулюючи свої цілі в конкретних вимірних одиницях, керівництво створює чітку базу відліку для подальших вирішень і оцінки ходу роботи. Така характеристика дозволяє працівникам підприємства у повній мірі розуміти вимоги керівництва та оперативно здійснювати аналіз ефективності власної діяльності.

2. *бути орієнтовані в часі* – довгострокові цілі формулюються в першу чергу, потім виробляються середньо- і короткострокові цілі для досягнення довгострокових. Встановлення часових рамок забезпечує ефективність виконання поставлених завдань та мотивує працівників на якісну роботу.

3. *бути досяжними* – розроблені цілі повинні бути, в перспективі, фізично досяжні, бо в іншому випадку, прагнення працівників до їх втілення буде нівельоване, а мотивація на їх реалізацію буде мінімальною.

4. *бути пов'язанні між собою* – тобто дії і рішення, необхідні для досягнення однієї мети, не повинні заважати досягненню інших цілей. Немоżliвість зробити цілі взаємно підтримуючими веде до виникнення конфлікту між підрозділами організації.

Окрім цього, необхідно зауважити, що цілі компанії будуть значущою частиною процесу стратегічного управління тільки в тому випадку, якщо вище керівництво правильно їх сформулює, донесе інформацію до усіх працівників та стимулюватиме їх досягнення у всій організації [19].

Для прикладу розробки цілей та завдань компанії візьмемо молочне підприємство, яке працює на території нашої держави, переробляє близько 400т молочної сировини на день. Основним джерелом молока для заводу є великі молочні господарства, а частка сировини від населення не перевищує 1%, крайня точка її збору знаходиться на відстані 500км. Підприємство виготовляє для споживачів внутрішнього ринку цільномолочну продукцію, тоді як продукцією на експорт є сухі інгредієнти – казеїн харчовий або технічний, концентрати сироваткових білків, суха сироватка та лактоза.

Клієнтами підприємства на внутрішньому ринку є національні та регіональні мережі, дистриб'ютори, лінійний роздріб, HoReCa, клієнти B2B, основними потребами яких є свіжість та якість продукту, гарантований рівень і якість доставки, сервіс продажів, які задовольняють потреби кінцевого споживача. Споживачами продукції підприємства за межами території країни, в основному, є китайські компанії, для яких виготовляється продукт відповідно до наданої специфікації, що потребує постійної адаптації виробничих потужностей, тим не менш забезпечує стабільний прибуток для розвитку.

Компанія провела модернізацію виробничих ліній, що забезпечило автоматизацію технологічних етапів виробництва готового продукту. Штат працівників як виробничих, так і технічних служб укомплектований персоналом достатньої кваліфікації для якісного виконання необхідних робіт.

Для формування політики компанії змодельовано ситуацію, при якій вище керівництво підприємства охарактеризувало такі загрози, які можуть постати перед підприємством в найближчі 5 років:

- не прогнозоване зростання ціни на сировину;
- зменшення обсягів переробки молочної сировини;

- погіршення кон'юнктури внутрішнього ринку;
- ризик втрати зовнішнього ринку збуту продукції;
- відтік висококваліфікованих кадрів;
- незворотні репутаційні втрати компанії.

На основі окреслених загроз, наявних технологічних рішень та перспектив змін кон'юнктури ринку компанія встановила такі цінності:

1. Постійне вдосконалення технологічних та технічних етапів виготовлення продукції. Поставлену ціль можна досягнути внаслідок вирішення ряду завдань:

– *Передові технології в пакуванні продуктів* – адаптація та впровадження на підприємстві новітніх технологій по пакуванню харчових продуктів. Ці технології передбачають не лише покращення безпечності продукту, відповідно, і терміну його придатності, а й турботу про довкілля внаслідок чого йде використання пластику, який піддається біорозкладанню, а також зниження використання підприємством поліетилену.

– *Зменшення забруднення навколишнього середовища* – молочне підприємство є значним джерелом біологічного та хімічного забруднення стічних вод. При перевищенні допустимих значень стоків навантаження на комунальні очисні споруди збільшується, особливо через органічні компоненти молока та молочних продуктів. Важливим завданням як перед громадою населеного пункту, у якому знаходиться підприємство, так і перед законодавством є додаткове очищення власних стічних вод перед їх потраплянням у централізований колодезь. Для цього необхідно у найближчих три роки збудувати власні очисні споруди, які дозволять не лише зменшити негативний вплив на довкілля, а й уникнути для підприємства штрафних санкцій від екологічної інспекції.

– *Новітні технології в комунікації* – безперервний рух в ногу з розробками ІТ, які дозволяють оптимізувати виробництво та швидко повідомити усім працівникам необхідну інформацію. Для цього необхідно надати всіх працівникам компанії доступ до корпоративної пошти, розробити платформу для проведення навчання працівників та перевірки їхніх набутих знань, а також впровадити для менеджерів середньої та вищої ланки можливість роботи в онлайн офісі.

– *Стандартизація продукції (структурування натуральних молочних продуктів за рахунок виключно молочних компонентів, на відміну від інших гравців ринку)* – найвищою цінністю для компанії є її споживачі та їхнє здоров'я, саме тому було обрано

напрямок покращення консистенції і смаку продуктів внаслідок додавання молочного білка, а не передбачених законодавством України загущувачів та стабілізаторів. Такий підхід забезпечить підвищення іміджу підприємства серед споживачів та дозволить проаналізувати перспективу впровадження лінійки готової продукції з підвищеним вмісту протеїну як тренду здорового харчування та фітнесу в нашій державі.

– *Кооперація із виробниками молока* – кооперація із виробниками молока дозволяє не лише заручитися підтримкою молочного господарства, а й зацікавити його у наданні якісної сировини, що дозволить виготовляти винятково високоякісну продукцію. Формування атмосфери взаємодовіри між молокопереробним підприємством та постачальниками молочної сировини дозволить підвищити відповідальність останніх, щодо надання якісної сировини та скоротити затрати на її дослідження, додаткову очистку та дозволить швидко використати цю сировину в технологічному процесі на підприємстві. Іншою стороною такої взаємодії є надання господарствам результатів додаткових лабораторних досліджень, наприклад, для оптимізації процесу годівлі корів чи встановлення субклінічних станів корів. Перспективним напрямком розвитку молочного скотарства є розвиток сімейних ферм, що у поєднанні з наданням консультацій та практичних рекомендацій з боку працівників служби постачання сировини власникам корів дозволило б на незначній відстані від підприємства збирати високоякісну сировину.

– *Використання сучасного обладнання у процесах оцінки якості сировини та готового продукту* – на сьогоднішній день все виробництво переходить на автоматизацію та зменшення «людського фактору», це ж стосується і проведення лабораторних досліджень. Використання сучасних аналізаторів дозволяє не лише зменшити вплив випадкової похибки на результати дослідження, пришвидшити проведення аналізу, а й сформувати атмосферу довіри з постачальниками сировини, бо результати отримано аналізатором, а не дослідником. На сьогоднішній день «золотим стандартом» у автоматизації процесів встановлення фізико-хімічних показників як молока незбираного, так і готової продукції є інфрачервоні аналізатори. Це обладнання дозволить не лише оптимізувати процес вхідного контролю молока, а й забезпечать швидкий контроль готової продукції, що зменшить втрати на технологічному етапі нормалізації продукту та, відповідно, збільшить конкурентоздатність підприємства загалом.

– *Використання сучасних трендів, технологій та рішень* – використання насамперед у виробництві сучасних технологічних рішень та інгредієнтів для виготовлення високоякісної продукції. Також постійний аналіз сучасних трендів у харчовій промисловості та, що найважливіше, їх адаптація до реалій сьогодення нашого споживача, особливу увагу цьому приділяє відділ маркетингу.

– *Інтеграція засобів та технологій у єдину інформаційну систему* – на сьогоднішній день на підприємстві працює ціла служба, яка розробляє як програмне забезпечення, так і проводить підключення нового обладнання до вже наявної внутрішньої системи контролю виробничого устаткування. Така інтеграція не лише полегшить процес управління виробництвом, зменшить кількість операторів, а й дозволить легше адаптуватися оператору при його переведенні з однієї ланки технологічного процесу на іншу.

2. Безпечність та якість готової продукції. Для реалізації цієї цінності вирішуються такі завдання:

– *Використання додаткових систем контролю якості та безпечності готового продукту та сировини* – дослідження сировини і готового продукту необхідно проводити не лише згідно ДСТУ, а й на ті показники, які імплементовані у Європейському Союзі, але не передбачені українським законодавством. Такі додаткові затрати обумовлені одним – впевненістю у випуску лише безпечного та якісного продукту.

– *Забезпечення відповідності технологічних систем (інженерних мереж, операційної системи, частини технологічного обладнання)* – впровадити випуск безпечного і якісного продукту можна лише з використанням справного високоякісного обладнання, яке буде не лише підтримувати необхідні технологічні параметри, а й забезпечувати повноцінну санітарну обробку, яка гарантує підтримання необхідної мікробіологічної чистоти. Використання автоматизованої системи виробництва продукції дозволяє нівелювати контамінацію сировини чи готового продукту, а також забезпечить отримання всіх якісних показників термінального продукту на необхідному рівні згідно законодавства України.

– *Використання сучасного автоматизованого обладнання (закритий цикл виробництва)* – використання високоякісного сучасного обладнання дозволяє не лише зменшити виробничі втрати, а й мінімізувати контакт оператора чи працівника з продуктом. А закритий цикл виробництва надає можливість здійснювати контроль за необхідними технічними параметрами на будь-якій ділянці процесу.

– *Закупівля якісної та безпечної молочної сировини* – дозволяє виготовити високоякісний продукт. Як зазначалося вище реалізація плану кооперації з молочними господарствами дозволить пришвидшити досягнення поставленої цілі. Випуск високоякісної молочної продукції як цільномолочної, так і сухої лімітується, в першу чергу, якісною сировиною. Без використання молока ґатунку «Екстра» неможливо виготовити продукт задекларованої якості, особливо на експорт, саме тому первинна ланка технологічного процесу є вкрай важливою для конкурентоздатності молочного підприємства.

– *Забезпечення якісної доставки сировини та готової продукції (вчасність та холодний ланцюжок)* – молочні продукти належать до продуктів, які швидко псуються, і цей процес має пряму залежність від температурних режимів їх зберігання. Компанія поставила завдання якісної доставки як сировини, так і готової продукції через оновлення свого автопарку, а також через постійний моніторинг температурних режимів зберігання продукції на складі та при її транспортуванні у торгівлю. Таким чином реалізується, так званий, холодний ланцюжок, який забезпечує гарантовану якість і безпечність продуктів.

– *Продукт, що не відповідає законодавчим вимогам не потрапляє в торгівлю* – внаслідок використання сучасних аналізаторів можна надзвичайно швидко і з високою точністю встановити параметри продукту. Це дозволяє уникнути випуску в торгівлю продукції, яка не відповідає параметрам ДСТУ та, відповідно, уникнути фінансових та репутаційних втрат.

– *Створення додаткових вимог до якості кінцевого продукту* - виготовлення продукту з показниками якості та безпечності вищими, ніж вимагається діючими національними нормативними документами.

3. Фокус на клієнті виконується через реалізацію таких завдань:

– *Покращення якості сервісу та співпраці з клієнтом* – компанія постійно працює із споживачами і розвиває власну торгівлю, тобто відкриває власні точки збуту, де демонструє «сімейну атмосферу» та розповідає покупцям про виробництво продукту, який реалізується тут.

– *Встановлення потреб наших клієнтів та пошуку шляхів їх задоволення* – служба маркетингу постійно проводить моніторинг ринку молочних продуктів, а також запитів споживачів і при підтримці відділу виробництва адаптує потреби ринку до реалій

споживачів, не відступаючи від цінності «безпе́чність та якість продукції».

– *Точність, оперативність, надійність* – три основних принципи будь-якого виробництва. Спочатку ці принципи не просто були привиті у виробничому середовищі підприємства, вони були введені в «ДНК» кожного відділу. Тому для підприємства цей принцип є один з найважливіших.

4. Цінність компанії «**Виконання взятих зобов'язань**» включає в себе такі завдання:

– *Розрахунок за всіма зобов'язаннями* – яким би тривіальним не було це твердження, але саме його не дотримується більшість компаній. Тут необхідно повторитися і вказати ще раз, що без реалізації цього принципу неможливо було б реалізувати такий «піонерський» проект, як кооперація з молочними господарствами.

– *Виготовлення продукції виключно із молочних інгредієнтів* – це є основою, яка дозволяє реалізувати іншу цінність – «безпе́чність та якість продукції», адже лише натуральна продукція дозволяє гармонійно розвиватися організму.

– *Донесення правдивої інформації про склад продукту споживачу* – звісно, є відповідні законодавчі акти, які регулюють формування маркування на харчових продуктах, але інгредієнти можна вказати по-різному, що не дозволить в повній мірі усвідомити покупцю, які компоненти були використані при виробництві і, при цьому, продуцент діє в рамках законодавства. Підприємство, в якого однією із стержневих цінностей є «здоров'я людини», вказує усі компоненти на своєму пакуванні.

– *Виконання всіх гарантій, наданих працівникам* – дотримання «власного слова» є основою для формування корпоративної культури та дотримання її всіма працівниками підприємства.

5. **Взаємоповага та довіра** є логічним продовженням задекларованих вище цінностей, і, як в попередніх пунктах, вона реалізується через виконання ряду завдань:

– *Навчання один в одного* – лише дотримуючись цього принципу, можна постійно розвиватися. Адже наївно думати, що керівник знає краще, він може організувати і надати певну теоретичну і практичну допомогу. А найкраще ділянку роботи знає працівник, який за неї відповідає, тому взаємообмін інформацією лише збагачує кожного працівника і компанію в цілому. Така практика не є унікальною, а лише являється адаптацією принципів «Філософії Toyota».

– *Дотримання етики спілкування незалежно від посади* – формування взаємоповаги при спілкування працівників підприємства, які знаходяться на різних щаблях управлінської ієрархії являється основою для функціонування корпоративної культури. Адже, працівники, які відчують повагу від керівництва різного «калібру» набагато швидше дотримуються вимог та обов'язків компанії, бо перебирають на себе її цінності.

– *Розвиток самодисципліни: вміння контролювати і поважати як самого себе так і інших працівників та компанію загалом* – як видно з цього завдання, воно пов'язане з психологічною надбудовою «SuperEgo», яке проводить самоаналіз та коригування індивіда. Всі компанії прагнуть розвинути самодисципліну у своїх працівників, що б забезпечило зменшення людського фактору при випуску неякісної продукції. Але цього можна досягти лише за умов, коли працівники і керівництво поділяють цінності компанії, на основі взаємодовіри та відкритості, тобто, через перебування усіх працівників у одному культурному полі.

– *Відкрите визнання проблем. Кросфункціональні проблеми відкрито виносяться на обговорення* – відкритість керівництва перед працівниками є дуже важливою, тому реалізація цього принципу дозволяє не лише посилити дух єдності на підприємстві, згуртувати працівників підприємства, для вирішення проблеми, а й отримати велику кількість ідей для її вирішення, що дозволить створити найоптимальніший шлях розв'язання проблеми.

– *Успіх компанії – це почута думка кожного* – логічне продовження попередньої тези, адже, як відомо «істина народжується в суперечці». Реалізація цього принципу дозволяє не лише знайти найоптимальніший вихід із проблеми, а й посилити корпоративний дух працівників.

– *Ствердження цінностей компанії* – являється логічним силогізмом з усіх попередніх завдань вказаної цінності, адже лише після повного розуміння та прийняття цінностей компанії працівники можуть їх стверджувати. Для досягнення цього пункту необхідно консолідувати усіх працівників підприємства довкола певних аксіом компанії – її цінностей, вирішенням цього завдання і займається корпоративна культура.

6. Останньою, але не найменш значущою цінністю для компанії є **командна робота** її працівників. Її можна створити внаслідок виконання таких завдань:

– *Кожен усвідомлює свій внесок у кінцевий результат та його вчасність* – консолідований колектив довкола не лише одного

бажання матеріального забезпечення, а певної ідеї працює в рази ефективніше та з більшою віддачею. Такого ефекту можна досягнути тоді, коли будь-який працівник чітко розуміє свою роль у компанії і вплив його результатів на кінцевий результат. Коли кожен робітник усвідомлює можливий негативний вплив неякісного виконання своєї обов'язків на імідж компанії, тоді він набагато свідоміше становиться до їх виконання.

– *Залученість та ініціатива при виконанні задач* – як вже неодноразово зазначалося вище, спільне вирішення проблем чи завдань не лише об'єднує працівників, а й дозволяє оперативно і якісно розв'язати її. Тим не менш, раніше не було згадано про «залученість» працівників, тобто вони не відособлені від керівництва компанією і усвідомлюють, що їхній голос також важливий. Таке відчуття підвищує самовіддачу кожного працівника і є стимулом до подальшого росту та якісного виконання власних обов'язків.

– *Готовність брати на себе відповідальність за загальний результат роботи* – логічне продовження попередніх тез, адже лише свідомо та активна позиція працівників дозволить домогтися необхідних результатів для компанії. Цього можна досягнути лише тоді, коли кожен робітник буде точно розуміти свою роботу і відчувати свою участь у діяльності підприємства.

– *Розуміння процесів, що виконують колеги* – наступним етапом після усвідомлення своєї ролі у досягненні кінцевого результату постає завдання зрозуміти роботу своїх колег, адже взаємодопомога є основою роботи будь-якого колективу.

– Відповідно кінцевим завданням цієї цінності є формування в компанії нехай і трюїстичного, але найважливішого: «*Один за всіх і всі за одного*».

2.2. Аналіз стану корпоративної культури в компанії та впровадження заходів для її покращення

Для того, щоб скласти уявлення про стан корпоративної культури в компанії, необхідно провести ряд досліджень і опитувань серед співробітників підприємства. Для репрезентативності отриманих результатів необхідно зробити вибірку працівників компанії з різних відділів та дотримуватися принципів соціологічного опитування.

Для діагностики корпоративної культури молочного підприємства розроблено спеціальну анкету. Часто анкета буває дуже довгою, що в значній мірі ускладнює опитування, бо «стомлює» респондентів, і як наслідок, знижує достовірність отриманих результатів через зростання кількостей відповідей, зроблених «за інерцією». У зв'язку з цим питання були розбиті на тематичні блоки для їх кращого сприйняття. Важливу роль виконує варіант, який передбачає можливість ухилитися від відповіді на закриті питання: «важко сказати», «не пам'ятаю», «не знаю» [23].

З метою визначення поточного стану корпоративної культури, співробітникам молокопереробного підприємства необхідно запропонувати відповіді на питання, представлені в анкеті. Питання розробленої анкети закритого типу, щоб можна було простіше систематизувати і аналізувати результати анкетування. Блоки питань були складені з урахуванням особливостей підприємства (молода за середнім віком працівників компанія, яка розвивається).

Алгоритм заповнення анкети такий: при відповіді на питання респондентам пропонується поставити знак плюс (+) у випадку позитивної відповіді, у разі незгоди – знак мінус (-), для ухилення від прямої відповіді можна поставити нуль (0).

Загальні питання:

1. Чи існує в компанії корпоративна культура?
2. Чи існує у компанії місія?
3. Чи є в компанії кодекс правил поведінки?
4. Вам подобається працювати у вашій компанії?
5. Чи добре Ви знаєте історію компанії?

Корпоративний стиль:

1. Чи є у компанії фірмовий логотип?
2. Чи є в компанії зовнішній стиль, дрес-код?
3. Чи є у компанії девіз, гасло?
4. Чи має компанія свій особливий стиль?
5. Чи є у Вас фірмова річ від вашої компанії?

Стиль управління:

1. Чи можете Ви висловити свою думку керівництву?
2. Чи називаєте ви керівника організації по імені і по-батькові?
3. Чи вважаєте ви, що можете вплинути на стратегію компанії?
4. Чи прислухається керівник до співробітників?

Кадрова політика:

1. Чи швидко в компанії адаптується новий співробітник?

2. Співбесіда при прийомі на роботу проходить в суворій, формальній атмосфері?

3. У Вашу компанію легко прийти на роботу за відкритою вакансією?

4. Чи є випробувальний термін при прийомі на роботу?

5. У Вашій компанії часті випадки звільнення співробітників?

Спільне проведення часу співробітників:

1. Чи часто у Вас бувають спільні заходи, свята?

2. Чи спілкуєтеся Ви з колегами поза офісом, у вільний час?

3. Чи є у компанії свої власні свята?

4. Чи відзначаєте Ви дні народження ваших співробітників разом?

Внутрішньокорпоративна комунікація:

1. Дружний колектив співробітників?

2. Чи допомагають співробітники один одному в роботі?

3. Чи часто в компанії відбуваються конфлікти між співробітниками?

4. Чи активно співробітники спілкуються між собою в інтрамережі компанії?

Умови роботи:

1. Чи влаштовують Вас фізичні умови роботи на підприємстві?

2. Вам хотілося б що-небудь змінити в облаштуванні офісу компанії?

3. Чи є в офісі вашої компанії місце для відпочинку?

4. Чи функціонує на підприємстві їдальня?

Оплата праці, методи мотивації і стимулювання:

1. Чи вважаєте ви, що Ваша зарплата залежить від результатів праці?

2. У компанії є грошові бонуси за якісну або оперативну роботу?

3. Чи бувають у Вашій компанії конкурси серед співробітників, боротьба за приз?

4. Чи використовуються у Вашій компанії нематеріальні засоби мотивації?

5. Ви задоволені своєю заробітною платою?

Кар'єра, система навчання і підвищення кваліфікації

1. Заохочує керівництво компанії прагнення до розвитку особистого досвіду?

2. Чи відправляє Ваша компанія співробітників на курси підвищення кваліфікації, навчання додатковим навичкам?

3. Чи є можливість підвищення на посаді в Вашої компанії, збільшення заробітної плати?

4. Чи відчуваєте Ви, що за час роботи в компанії оволоділи новими компетенціями, навичками?

Дослідження корпоративної культури було проведено на базі молокопереробних підприємств Західної України. В цілому, за результатами опитування (рис. 2.2), картина склалася досить неоднозначна – співробітники вважають, що вони формують певну корпоративну культуру, працюючи в компанії, проте не відчувають себе учасниками великої справи, не уявляють повною мірою місію компанії. Проте всі співробітники відповіли, що їм подобається працювати в компанії, а це – один з головних параметрів прихильності і лояльності.

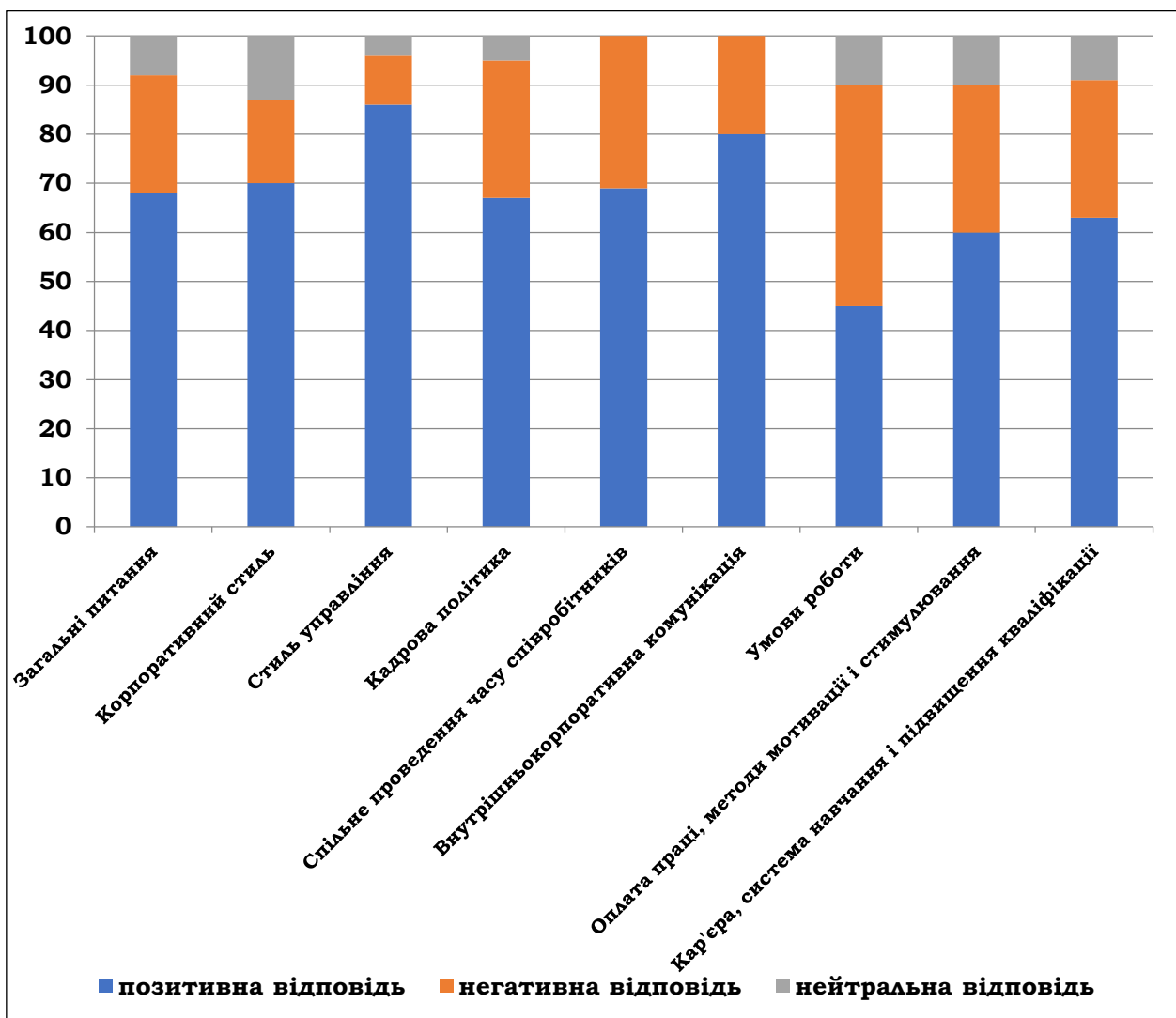


Рис. 2.2. Діагностика корпоративної культури – результати анкетування

Джерело: розроблено автором

Однією з найбільш слабких сторін компанії є її фірмовий стиль - незважаючи на наявність у компанії фірмового логотипу та стилю, оформлених в корпоративних кольорах, вона дуже слабо реалізує можливості візуальної стилізації свого бренду – практично повністю відсутні будь-які відмінні елементи дрес-коду, які, в першу чергу, необхідні на спільних конференціях, адже працівників компанії має бути видно здалеку. У процесі ж роботи на виробництві дрес-код не грає такої важливої ролі.

Ще одна проблема реалізації фірмового стилю – низька доступність для працівників будь-якої фірмової атрибутики, хоча б для того, щоб кожен із співробітників мав вдома річ від своєї компанії, яка могла б нагадувати йому про те, де він працює і навіщо. Особливо нестача фірмової атрибутики позначається на офісі компанії – в ній, як мінімум, не вистачає плаката з фірмовою символікою, елементів інтер'єру та меблів в кольорах компанії. Також в офісі компанії немає короткого, але яскравого і ємного гасла, яке би давало загальне поняття про цінності компанії та її цілі. У фойє компанії прописані певні цінності і принципи, проте необхідно зібрати все це воедино.

До сильних сторін компанії можна віднести її стиль управління – він якнайкраще відповідає потребам молоді і амбітної компанії. У компанії директор розбирається в питаннях виробництва та маркетингу на достатньо високому рівні і тому здатний проконсультувати співробітника в рамках своїх компетенцій, провести неформальну бесіду, пожартувати, вислухати думку або критику співробітників. Всі ці якості сприяють формуванню довіри з боку працівників, об'єднують їх в дружній та міцний колектив, де кожен учасник прагне допомогти іншому в потрібний момент. У співробітників компанії є можливість вплинути на її дії – нерідко організаційні питання виносяться на загальне обговорення, і у кожного співробітника є можливість висловити свою думку, запропонувати щось нове. Будь-хто із співробітників може попросити інших вислухати його, якщо, на його думку, це важливо.

Однак, незважаючи на дружелюбність і підтримку всередині колективу, потрапити в компанію не так вже й просто. При вступній співбесіді розмова ведеться в неформальній обстановці, проте за допомогою навідних питань уточнюється як професійний рівень претендента, так і його особистісні характеристики і здатність взаємодіяти з іншими співробітниками. Після ствердної відповіді від компанії на співбесіді претенденту необхідно в обов'яз-

ковому порядку пройти випробувальний термін, період якого визначається успіхами і ентузіазмом під час навчання.

Тим не менш, і після цього не варто заспокоюватися – за останні два роки компанія провела ревізію кадрового складу і сильно скоротила його, практично не втративши при цьому в продуктивності. В першу чергу був урізаний керуючий склад, цей підхід дозволив істотно скоротити витрати на оплату праці співробітників, внесок від участі яких був практично нульовий. Відсутність втрат у продуктивності пояснюється високим рівнем професійних навичок співробітників та їх здатністю до самоорганізації і навчання, відповідальним підходом до виконуваної роботи.

У компанії періодично проходять спільні заходи, на кшталт спортивних походів, кіно, корпоративних вечірок. З огляду на гарну атмосферу в колективі деякі співробітники активно спілкуються і в неробочий час, що ще більше зміцнює і об'єднує колектив. Спірним питанням є наявність у підприємства власних свят, тому що до них, з натяжкою, можна віднести традиційні корпоративні вечірки після міжнародного дня працівника харчової промисловості, проте відчувається гостра нестача власного, оригінального свята, наприклад, дня компанії, який святкується в своєму особливому стилі.

Ще один приємний момент – мала кількість конфліктів всередині компанії. З огляду на те, що на даний момент в компанії оптимально розподілені ресурси працівників, роботи і зарплати вистачає в цілому всім, тому немає жорсткої конкуренції, що породжує більшість конфліктів. Тим не менш, періодично в фірмі все-таки виникають дрібні сутички особистісного характеру, але вони вкрай рідкісні і, як правило, відбуваються з новими співробітниками, які не можуть прижитися в колективі.

Порядок роботи та її графік влаштовує в компанії практично всіх – для працівників ІТ відділу є можливість віддаленої роботи з дому (присутність в офісі бажана, але не строго обов'язкова), а також досить гнучкий графік для працівників виробничих цехів. Тим не менш, постійно ігнорувати своїх колег і взагалі не з'являтися в офісі не можна – компанія намагається боротися з подібними «співробітниками-примарами». Тому необхідно періодично відвідувати офіс, щоб бути в курсі подій компанії, спілкуватися з колегами, ділитися враженнями від роботи.

Оплаті праці в компанії в цілому приділяють достатню увагу – існують преміальні виплати за ефективне виконання роботи, за

перевиконання плану робочих годин на місяць, є можливість підвищення заробітку за рахунок проходження сертифікованих курсів підвищення кваліфікації. Більшу частину співробітників влаштовує такий стан справ. Однак в компанії не вистачає атмосфери здорової конкуренції серед співробітників, так як трудові ресурси розподілені оптимально і роботи вистачає всім.

Немає заходів, що мають на меті підвищити інтерес співробітників вдосконалити свої навички за рахунок короткочасної, але інтенсивної роботи в команді (хакатонів). Раніше робилися спроби провести кілька подібних заходів, проте з часом це звелось нанівець через відсутність ініціативи.

Аналогічна ситуація і з відвідуванням тренінгів та конференцій – керівництво компанії намагалось запросити своїх співробітників на них, проте велика частина співробітників воліє самоосвіти і самостійного пошуку інформації. Причина подібних невдач – відсутність правильної мотивації співробітників, зовнішнього стимулу.

Необхідно подати подібні заходи як рідкісну можливість набути безцінний досвід, можливо, підкріпити це якимось бонусом з боку керівництва. Відсутність спільних заходів по розробці проектів і вивчення нових технологій уповільнює обмін досвідом серед співробітників, і, як наслідок – уповільнює розвиток фірми в цілому. Компанія також не приділяє належної уваги можливості підвищення особистого досвіду співробітників за рахунок організації для них поїздок на курси підвищення кваліфікації, де вони могли б освоїти нові навички та вдосконалити вже наявні. Однак, незважаючи на слабе стимулювання розвитку особистого досвіду персоналу, певне зростання все ж спостерігається: всі респонденти відзначили, що змогли так чи інакше поліпшити свої вміння і оволодіти новими знаннями під час роботи в компанії.

Шляхи розвитку внутрішньої корпоративної культури: корпоративний портал як інструмент розширення комунікативного поля і зворотного зв'язку. У сучасних умовах глобалізації та трансформації економічного середовища успіх великого підприємства часто залежить від того, наскільки успішно всередині нього збудовані комунікації. Це особливо важливо для компаній, що працюють в сфері виробництва харчових продуктів. Одним з інструментів, здатних вплинути на комунікативне середовище всередині підприємства і швидкість обміну інформацією між співробітниками, є корпоративний портал.

Корпоративний портал – це Web-інтерфейс для доступу співробітників до корпоративних даних і додатків. Фактично він представляє собою видиму для персоналу компанії частину Інтранету.

Незважаючи на все зростаючу популярність інтранет-систем, їх історія сягає глибоко у витoki розвитку IT- технологій. Перші корпоративні портали з'явилися одночасно з розвитком мережевих технологій. Вони були надбанням великих організацій, які могли собі дозволити дорогу розробку власної технології, розрахованої на специфічні потреби. Початковим призначенням корпоративних порталів були функції внутрішнього сайту організації: публікація новин та інших матеріалів, створення бази файлів і документів, форум для внутрішнього спілкування.

З розвитком ринку росла доступність і функціональність порталів, і зараз вони знаходяться на порозі масового прийняття. У середньостроковій перспективі ці продукти повинні стати предметом масового споживання. Поряд з офісними програмами та системами захисту даних корпоративні портали будуть обов'язковим інструментом для забезпечення ефективної роботи організації [49].

Інтранет-системи перетворилися з незграбного дорогого додатку з обмеженою функціональністю в гнучкі комплексні рішення, доступні навіть для невеликих компаній. Зміни торкнулися самої суті технології: банальне централізоване сховище даних із загальним доступом еволюціонувало в потужний інструмент для колективної роботи, інтегрованих комунікацій (в тому числі відеоконференц-зв'язку), управління знаннями, завданнями, проектами. Нарешті, останньою стадією еволюції порталів стала їх роль в якості інструменту інтеграції корпоративних даних і додатків. Метою цієї інтеграції є надання користувачеві єдиної точки доступу до інформаційної інфраструктури організації. Таким чином, портали стали універсальним інтерфейсом для виконання посадових обов'язків, який покриває більшість потреб широкого спектру компаній [54].

Внутрішній корпоративний портал необхідний, всупереч існуючій думці, не тільки великим компаніям. Навіть в маленьких компаніях такий ресурс може істотно підвищити ефективність роботи співробітників за рахунок того, що виконує ряд важливих функцій:

1. *Інформаційна.* На внутрішньому ресурсі компанії можна зберігати документи, необхідні співробітникам, довідкову інфор-

мацію, контакти і дані працівників, публікувати важливі корпоративні новини.

Єдина точка входу і зручна навігація по наявній інформації дозволять співробітникам швидше знаходити необхідні для них дані. Крім того, вони зможуть отримувати доступ до робочих матеріалів з будь-якої точки і будь-якого комп'ютера, завдяки чому робочий процес можна не переривати під час відряджень або відсутності на робочому місці.

2. *Комунікативна.* Корпоративний портал дає можливість співробітникам обговорювати робочі питання за допомогою форуму або чату. Завдяки цьому вся внутрішня переписка компанії буде зберігатися на ресурсі, який належить бізнесу, а не на сторонніх серверах. Доступ до цих функцій зможе отримати будь-який співробітник за допомогою веб-інтерфейсу без необхідності встановлювати додаткові програми на комп'ютер (наприклад, це важливо, якщо треба отримати доступ до інформації з чужого або пристрою загального користування).

3. *Навчальна функція.* Корпоративний портал можна також використовувати для навчання та адаптації нового персоналу. Завдяки спеціальному розділу про корпоративну культуру і про історію компанії, новим співробітникам буде набагато легше освоїтися в роботі. На порталі можна організувати онлайн-навчання, яке допоможе заощадити час і дасть можливість співробітникам компанії навчатися не залишаючи робочого місця.

4. *Функція планування.* Корпоративний портал також дозволяє призначати завдання і стежити за ходом їх виконання. Завдяки цьому можна завжди дізнатися про те, в якій стадії знаходиться робота над поставленим завданням без додаткового контакту і обговорень деталей зі співробітником (що істотно заощаджує час) [31, 58].

Також в рамках корпоративного порталу можна реалізувати й інші необхідні для роботи функції. В їх число входять колективний календар, поштовий додаток та інші.

За даними опитування серед співробітників корпорації Microsoft, 33% з них зазначили, що корпоративний портал скорочує час на виконання щоденних робочих операцій. Результати аналогічного опитування в компанії ІВМ показали, що 68% співробітників вважають корпоративний портал джерелом дуже важливої інформації, а 80% відвідують ресурс мінімум один раз на день.

Таким чином, наявність корпоративного порталу істотно збільшує ефективність роботи кожного співробітника, а отже, впливає і на продуктивність діяльності компанії в цілому.

Основний вплив порталу на схему комунікацій підприємств полягає в зміщенні системи управління від вертикальної (начальник – підлеглий) в сторону горизонтальної, яка передбачає «колега-колега». Плюси такої системи полягають у використанні співробітників як основного активу компанії, для ухвалення спільних рішень з управління компанії і генерації нових ідей. У свою чергу, можливість участі в управлінні компанією мотивує співробітників на спілкування зі своїм роботодавцем і пошук шляхів поліпшення роботи компанії.

Раніше для обліку робочого часу і завдань в компанії використовувався корпоративний портал «Бітрікс24.network» – мережа для бізнес-комунікацій, яка об'єднує в одному середовищі партнерів, колег, постачальників та інших контрагентів, а також дозволяє скоротити використання різних інструментів для спілкування до мінімуму і зберігати історію спілкування в одному місці. Також за допомогою цієї мережі можна вести облік свого робочого часу – як загального часу в офісі, так і витраченого на кожне завдання зокрема. Крім того, система використовується для обміну файлами, спілкування між співробітниками, повідомлення про майбутні заходи і свята.

Нами проаналізовано ефективність роботи в Бітрікс24, і отримані результати дозволили дійти висновку, що при використанні даного корпоративного порталу багато його можливостей не використовуються ефективно зважаючи на їх потрібність. Було запропоновано ряд альтернатив, і в кінцевому підсумку прийнято рішення про розробку власного корпоративного порталу.

Основні переваги внутрішнього порталу полягають в його функціональності. Адже чим більша компанія, тим важче налаштувати комфортну внутрішньо-корпоративну комунікацію для всіх співробітників і при цьому не загубитися у величезному обсязі інформації. По-перше, велика ймовірність, що важлива інформація буде отримана не всіма співробітниками. По-друге, обговорення питань різними відділами в таких умовах практично неможлива.

Використовуючи «корпоративний навчальний портал», можна розділити всю компанію на відділи за допомогою чатів, при цьому відзначати ті повідомлення, які будуть показуватися у всіх чатах

одночасно. Окремою перевагою є комфортний, інтуїтивно-зрозумілий процес обміну файлами без використання сторонніх рішень.

З першої хвилини роботи з «корпоративним навчальним порталом» користувач спілкується з ботом, який вітає його, допомагає налаштувати календар і оповіщення, а також інші елементи інтерфейсу. Такий підхід прискорює процес навчання співробітників. Крім того, можна створювати своїх ботів, які будуть виконувати спеціалізовані завдання. Ще один плюс – легкі і зручні клієнти на робочий стіл і для мобільних пристроїв, співробітник завжди буде знаходитися на зв'язку і зможе оперативно спілкуватися зі своїми колегами.

Запропоновано низку заходів щодо поліпшення і розширення корпоративного стилю компанії:

1. Переобладнання основного офісу в тонах компанії. Крім того, було запропоновано організувати в офісі місце під кухню, оформлене в стилі компанії і з фірмовим посудом. Також розглядалася ідея облаштування простору для відпочинку з м'якими кріслами-мішками зеленого кольору, щоб співробітники та клієнти компанії могли з комфортом розташуватися і відпочивати від роботи. У такому місці можна обговорювати з клієнтами проекти в більш привабливому для спілкування місці. Також внесено пропозицію обладнати фітнес зал у корпоративних кольорах та встановити фітнес-бар для приготування поживних високобілкових молочних шейків з різними наповнювачами, щоб можна було зробити перерву від роботи не тільки корисною для свідомості, а й для тіла.

2. Налагодити випуск своєї власної фірмової атрибутики: ручки, блокноти, зошити, шарфи, браслети, флеш-накопичувачі, роздаткові матеріали, плакати. Цей крок дозволить роздавати подібну продукцію відвідувачам на щорічних конференціях, що значно підвищить впізнаваність компанії і буде покращувати її імідж.

3. Розширювати графічне представлення образу компанії, дотримуючись, загального стилю, а саме:

- створити короткий анімований ролик з використанням логотипу компанії, що додасть видовищності для сприйняття компанії потенційними клієнтами і партнерами.
- створити яскраві промо-ролики, в яких описуються переваги компанії і її робота.
- зробити логотип компанії разом з її гаслом, що ще більше допоможе запам'ятатися споживачеві.

Щодо створення яскравих промо-роликів, то розроблено та впроваджено ряд сучасних рекламних роликів на телебаченні, а також, що важливіше, рекламні ролики є у всесвітній мережі Інтернет. Актуалізовано логотип компанії та внесено до нього гасло компанії:

Також запропоновано заходи щодо вдосконалення фірмового стилю і мотивації співробітників. Керівництву компанії запропоновано ряд рішень, спрямованих на стимулювання залучення працівників компанії і поліпшення корпоративної культури спілкування в компанії:

– *нематеріальна мотивація* – вести рейтинг кращих співробітників в кожному місяці/кварталі/році, розміщувати фотографії найкращих співробітників на сайті компанії. Для ведення рейтингу можна використовувати такі показники: кількість робочих годин, відвідуваність офісу, кількість успішно зданих проєктів, відсутність порушень внутрішнього розпорядку, відсутність порушень внутрішніх вимог підприємства. Можна дозволяти кращим співробітникам самостійно вибирати більш цікаві і перспективні проєкти зі списку доступних на даний момент, давати більше самостійності в організації робочого графіку і часу. Ведення рейтингу дозволить внести атмосферу здорової конкуренції в компанії, буде стимулювати співробітників працювати швидше, ефективніше, займатися самовдосконаленням.

– *матеріальна мотивація* – виплачувати бонуси кращим співробітникам в рейтингу, відправляти їх на оплачувані курси підвищення кваліфікації та заходи для отримання досвіду.

– *зовнішній стимул* для підвищення серед співробітників інтересу до взаємного спілкування, обміну досвідом, відвідування конференцій.

Прикладом таких змін є підвищення оплати працівникам компанії, які відвідали найближчу цього місяця конференцію, зробили по ній доповідь з корисну для інших співробітників фірми інформацію, на основі якої введено в практику підприємства зміни. Можна організовувати спільну оплачену компанією вечерю після конференції, щоб обговорити побачене і почуте в неформальній обстановці, поділитися враженнями та припущеннями.

Важливе місце займає обговорення формату днів відкритих дверей: періодично організовувати хакатони (міні-марафони по розробці проєктів в командах на конкурсній основі) не тільки серед менеджерів та керівників служб компанії, але і з відкритою

участю – щоб кожна людина могла прийти і спробувати свої сили в спільному вирішенні питань оптимізації виробництва.

Переможці отримують фірмові призи від компанії, рекомендаційні листи, а якщо особливо відзначився перспективний новачок, йому можна запропонувати подальшу роботу в компанії. Такі заходи будуть давати додаткову рекламу підприємству серед молоді вузів, вносити динаміку, покращувати навички наявних кадрів і залучати нових.

Можливі варіанти спільних спортивних заходів – періодично можна пропонувати товариські матчі з певних видів спорту усім філіям компанії, щоб згуртувати командний дух серед співробітників шляхом участі в грі. Це також матиме позитивний вплив на здоров'я співробітників і, як наслідок, на їх емоційний стан.

Так, цього року буде проводитися «Корпоративний турнір з міні-футболу» у якому візьмуть участь працівники як центрального офісу, так і всіх філій підприємства. Цьогорічний спортивний захід буде проводитися у розширеному форматі, тобто до цього заходу будуть залучені працівники філій з усіх областей України, що показує їхню важливість для компанії не лише у плані збуту продукції, а й побудову компанії з міцними традиціями та власною корпоративною культурою.

Напрями формування корпоративної культури через вдосконалення фірмового стилю та символіки компанії. Фірмовий стиль – це один з найбільш сучасних і актуальних видів корпоративної реклами. Багатьма дослідниками він розглядається як особливий вид маркетингових комунікацій. Під фірмовим стилем розуміють набір колірних, графічних, словесних та інших постійних елементів, що забезпечують візуальну і смислову єдність товарів (послуг), всієї вихідної від фірми інформації, її внутрішнього і зовнішнього оформлення [40]. Використання фірмового стилю передбачає єдиний підхід оформлення ділових паперів, технічної і ділової документації, до колірних сполучень в рекламі, упаковці продукції, тощо.

Фірмовий стиль в житті організації виконує такі важливі функції:

1. *іміджева функція.* Формування та підтримка швидко впізнаваного, оригінального і привабливого образу компанії, що сприяє підвищенню її престижу і репутації. Позитивне сприйняття фірми цільовою аудиторією переноситься і на її продукцію. Багато людей вважають, що якість товарів з відомим товарним знаком

набагато перевищує якість анонімних виробів, і готові заплатити за них більше.

2. *ідентифікуюча функція*. Фірмовий стиль сприяє ідентифікації товарів і реклами, вказує на їх зв'язок з фірмою і їх спільне походження.

3. *диференціююча функція*. Виділення товарів і реклами фірми із загальної маси аналогічних. Стиль є певним «інформаційним носієм» і допомагає споживачеві орієнтуватися в потоці товарів і реклами, полегшує процес вибору.

Коли цільова аудиторія знає цей фірмовий стиль, вона з більшою часткою ймовірності зверне увагу на знайомий логотип, кольори, шрифти, виділить конкретне рекламне повідомлення із загального рекламного шуму, який стає з кожним днем все більш інтенсивним.

Використання єдиного фірмового стилю у всіх формах рекламної кампанії зробить рекламу більш цілісною. Крім того, значення фірмового стилю полягає в тому, що він дозволяє компанії з меншими витратами виводити на ринок свої нові товари, підвищує ефективність реклами і покращує її запам'ятовуваність.

Фірмовий стиль спрощує розробку маркетингових комунікацій, скорочує час і витрати на їх підготовку, сприяє підвищенню корпоративного духу, об'єднує співробітників, викликає «фірмовий патріотизм», позитивно впливає на візуальне середовище фірми і естетичне сприйняття її товарів (красивий, привабливий стиль підвищує естетичну цінність продукції) .

Таким чином, фірмовий стиль є сьогодні основою всієї комунікаційної політики фірми, одним з головних засобів боротьби за покупця, важливою складовою бренду [55].

До системи фірмового стилю відносять такі основні елементи: товарний знак; логотип; фірмовий блок; гасло; фірмова гамма кольорів; фірмовий комплект шрифтів; інші фірмові константи.

Для аналізу основних елементів фірмового стилю оберемо одну з молокопереробних компаній західного регіону. Головний колір, який використовується в своїй символіці підприємство – салатний. Перевагою цього кольору є те, що він уособлює спокій та природу, а отже, і впевненість в продукті, в його якості та безпечності, окрім цього, в багатьох культурах світу цей колір символізує спокій, мир, порятунк, любов, гармонію, життя та зростання. З усіх кольорів спектра зелений колір викликає нейрон-фізіологічну реакцію – заспокоєння центральної нервової системи.

Зелений колір, хоча і є повним протиріччям в сенсі фізіологічного впливу, але також не дозволяє людям пройти повз, він відразу ж притягує увагу і управляє ситуацією.

У загальному, вибір основного кольору для фірмового стилю - вдалий, з огляду на значний вік компанії, динамічність її управління і внутрішніх процесів, молодіжний склад працівників та темпи розвитку компанії на молочному ринку країни.

На даний момент основний робочий логотип компанії виглядає таким чином: стилізований напис «назва компанії». Якщо говорити про символіку компанії, то візуально компанія впізнається в першу чергу по її логотипу, тому необхідно зробити його якомога яскравішим, видовищним, і який би ніс при цьому в собі якусь основну концепцію підприємства.

Значення логотипу. На сьогоднішній день логотип – одна з найважливіших складових символіки підприємства, що має безпосередній вплив як на внутрішню корпоративну культуру компанії, так і на її престиж на ринку і подальше просування. Логотип може бути зображений як в друкованому вигляді, так і на екранах пристроїв, тому традиційно основний його робочий варіант створюється універсальним, відповідним в обох випадках. Однак зараз, в еру активного розвитку ЗМІ, електронна версія логотипу починає набувати все більшого значення і має перевагу над своїм друкованим аналогом. В першу чергу це обумовлено тим, що на екрані логотип виглядає набагато яскравіше і видовищніше, може бути представлений з використанням новітніх красивих 3D-ефектів, або навіть в якості анімованої картинки чи відео, що, безсумнівно, підвищує ефект впливу на публіку.

2.3. Роль департаменту HR у підвищенні конкурентоздатності підприємства

Корпоративне навчання, як елемент підвищення конкурентоздатності компанії. За останні тридцять років спостерігається зміна парадигми корпоративного навчання, яка виражається в перегляді обсягу наданої інформації, переосмисленні функцій навчання, і критеріїв його успішності та методів проведення навчання [69, 124]. Причинами таких змін у навчальному

процесі персоналу підприємства, ймовірно, є зазначені нижче перебудови в корпоративному середовищі [134]:

1. збільшення обсягу необхідних знань та їх вузька спеціалізація змусили підвищити вимоги до персоналу, який виконує ті чи інші функції. Окрім підвищення вимог до рівня теоретичних знань працівника, змінилися потреби роботодавців і в практичних навичках робітника, внаслідок автоматизації більшості процесів він повинен володіти сформованими специфічними навичками в обслуговуванні виробничого обладнання;

2. безперервна оптимізація виробничого процесу для зменшення виробничих та не виробничих втрат. Поставлене завдання можна вирішити через залучення у виробничий процес як висококваліфікованих виконавців процесів, так і управлінців. Звісно, працівники, яких приймають на роботу, мають необхідні теоретичні та практичні знання для виконання потрібних процесів на первинному рівні, але лише корпоративне навчання може забезпечити стабільний розвиток персоналу, який, в подальшому, зможе максимально оптимізувати процес виробництва.

3. впровадження поняття «універсальність» працівників виробничих дільниць, яке полягає у підготовці персоналу не вузькоспеціалізованого, а широкого профілю з достатніми теоретичними та практичними навичками не лише для ефективного виконання покладених завдань, а й пошуку причин поломок чи внесення дієвих раціоналізацій виробничого процесу. Таку підготовку може забезпечити корпоративне навчання з акцентом на безперервну підготовку та перепідготовку кадрів компанії.

4. перетворення процесу навчання персоналу в невід'ємну частину будь-якої організації. За організацію процесу навчання персоналу та його вдосконалення відповідають працівники HR, що забезпечує дієвість процесу навчання, його постійний аналіз та, відповідно, покращення. Саме такий системний підхід та інтеграція навчання персоналу в функціональний процес підприємства забезпечує його максимальний ефект.

5. систематизація та автоматизація методів навчання та перевірки знань дозволяє максимально ефективно використовувати відведений працівникові час для засвоєння необхідної інформації. Таким чином, процес навчання дозволяє швидко та ефективно перепрофілювати, за виробничої необхідності, працівників, що робить процес навчання інструментом стратегічного управління.

Незважаючи на те, що процес корпоративного навчання є ефективним інструментом для підвищення загальної конкурентоздатності компанії воно не завжди найкраще підходить для цих цілей [94], іноді необхідні інші багатогранні заходи [96]:

- переробка виробничих процесів;
- перепроєктування робочих місць;
- зміна систем винагороди;
- планування кар'єри та переведення на заміщення;
- адаптація до індивідуальних потреб працівників.

Організацію навчання та його розвиток можна розглядати на різних рівнях:

1. *макрорівень* представлений розробленою та затвердженою національними чи наднаціональними органами стратегією розвитку корпоративного навчання;

2. *мезорівень* включає в себе розроблені стратегії окремих міжнародних корпорацій, які володіють достатнім досвідом для ефективної підготовки необхідного фаху кадрів;

3. *мікрорівень* відображає процес навчання та вибору навчальних методик в окремій організації.

Вказані вище рівні навчання не існують відособлено один від одного, а знаходяться у тісній взаємодії та взаємному впливі, саме тому навчання більше не можна сприймати як монолітне чи монорівневе явище. Таким чином, воно повинно бути інтегроване в роботу організації і мати постійну підтримку зі сторони працівників HR. Виходячи з основного завдання процесу корпоративного навчання – створення додаткової цінності підприємству через трансформацію отриманих знань у результативність роботи – цей процес не повинен сприйматися як винятково завдання служби HR, спеціально виділених інструкторів чи керівників структурних одиниць, а повинен бути поширений по всій корпоративній обстановці. Лише така еволюція поняття «корпоративне навчання» дозволить ефективно використовувати цей інструмент у розвитку компанії та, відповідно, сприятиме підвищенню її конкурентоздатності [76].

На сьогоднішній день процес корпоративного навчання переорієнтований з використання шаблонного способу ведення цього процесу до індивідуально-адаптивного типу. Одним з перших науковців, що висловили подібну думку був W. Winn [149], який не вбачав у практичних правилах основи для планування та виконання навчання персоналу компанії. Автор стверджував, що нега-

тивний результат роботи багатьох організаторів навчання був пов'язаний з тим, що вони робили ставку на створення навчальних рішень шаблонного типу. Як зазначав автор, такі «рецепти» працюють лише іноді і лише в контекстах, надзвичайно подібних до тих, у яких були самі розроблені.

Для оптимізації процесу навчання персоналу компаній Clark R. E. [83] пропонує впровадити «дизайн навчання» – це розробка перевірених приписів для реалізації ефективного, продуктивного та потужного середовища навчання.

Для розробки ефективного процесу навчання Wilson and Jonassen [148] запропонували ряд питань, відповіді на які дозволять вдало підібрати стратегію навчання:

1. За допомогою яких методів навчання було досягнуто найкращий ефект засвоєння інформації?
2. Які методи навчання будуть ефективними для працівника?
3. Методи, які застосовували працівники підприємства носили інтуїтивний характер чи ґрунтувалися на емпіричному професійному досвіді?
4. Які практичні навички здобуде працівник у процесі навчання?
5. Які методи перевірки якості засвоєння знань необхідно застосовувати під час навчання?

Відповіді на такі питання мають вирішальне значення, бо навчальні процедури, що впливають з конкретного погляду на навчання, мають бути адаптовані під час формування нових парадигм навчання працівників на окремо взятому підприємстві. Один з найбільш поширених способів навчання працівників ґрунтується на біхевіористському підході, для якого характерним є фіксація цілей навчання та їх досягнення шляхом розділення на послідовні дрібні завдання, вирішення яких знаходиться під контролем працівника компанії, який проводить навчання. Зазвичай, така система навчання починаючи з аналізу завдань і закінчується оцінкою засвоєних знань [68].

У той же час, якщо розглядати процес навчання з точки зору гносеології, людина, яка проводить навчання для стажера, повинна гнучко адаптовувати методи подання інформації, виходячи з ідіосинкратичних якостей працівника, що дозволить розширити можливості саморегуляції та передачі знань та навичок. Таким чином, процес побудови навчання не розглядається як лінійний процес, а виступає як циклічна, контекстно обумовлена діяльність,

яка враховує як індивідуальні якості учасника, так і контекстну складність майбутньої діяльності стажера [115].

Іншим фактором, який визначає ефективність та результативність навчання, є середовище, у якому проходить цей процес [141]. Виробниче середовище, у якому перебуває стажер під час навчання, дозволяє йому оцінити сформовану корпоративну культуру компанії та сигналізуватиме про важливість, яку керівники структурної одиниці та працівники надають навчанню. На основі цього відбувається процес соціалізації стажера та адаптація його поглядів на навчання, роботу компанії та сформовану корпоративну культуру [95]. Таким чином, виробниче середовище підготовки стажера може чинити негативний вплив на навчальний процес через:

- відсутню або недосконалу систему винагород
- недостатній час навчання, виходячи з індивідуальних якостей стажера;
- відсутність навчальних матеріалів;
- відсутність підтримки з боку менеджерів та інших працівників компанії;

Практично вже півстоліття на етапі підготовки навчання зосереджується для врахування важливих видів діяльності та елементів поведінки працівників [137]. Ця сфера досліджень носить описовий характер і надає рекомендації для ефективної практики процесу навчання. Теоретичну основу необхідно перевірити на практиці та адаптувати до умов її використання, такий процес трансформації лежить в основі будь-якої теорії організації навчання в компанії [88].

На сучасному етапі розвитку ІТ технологій значного прогресу отримав електронний напрямок корпоративного навчання. Так, за даними Global Industry Analysts Inc. [73], до 2022 року світовий ринок електронного навчання досягне 241 млрд доларів, що пояснюється збільшенням використання браузерів на основі HTML5, хмарних обчислень, розумних мобільних пристроїв та сильним проникненням широкосмугового Інтернету. Інше широкомасштабне дослідження, проведене компанією Ambient Insight [66] у 106 країнах світу, показало, що світовий ринок самостійного впровадження електронного навчання досяг 42,7 млрд доларів у 2013 році, а щорічний темп зростання цього показника становитиме 4,4%, таким чином, до 2018 року очікувалося зростання доходу до 53 млрд доларів.

Аналіз сучасної наукової літератури про корпоративне електронне навчання показав наявність різних підходів до реалізації цієї проблеми. Їхня суть зводиться до вирішення первинної проблеми – побудова і використання однієї моделі впровадження технології чи адаптація кількох моделей для забезпечення високого рівня ефективності та інтеграція розробленої методики у виробниче середовище.

Однією з перших відомих моделей проведення електронного навчання є «IS модель успіху» компанії DeLone & McLean (1992), для якої якість системи та якість сформованої інформації знаходиться на першому місці у порівнянні із кінцевим задоволенням користувачів, що визначає її вплив на окремих людей і, зрештою, на організації. Наступним етапом розвитку електронних систем навчання була розробка багатоступеневої шкали для оцінки успішності системи електронного навчання (ELSS) дослідників Wang Y., Wang H., Shee D. Y. [145]. Розроблена система, в основному, ґрунтувалася на «IS модель успіху», але автори додали додаткові параметри – якість послуг, задоволеність користувачів та переваги використання системи. У свою чергу Chen H. [81] використав «IS модель успіху» для встановлення зв'язку між використанням системи електронного навчання та загальними результатами роботи працівників. У результаті своєї роботи дослідник виявив, що модель може пояснити індивідуальні переваги використання електронного навчання з точки зору конкретних результатів роботи – виконання завдань, задоволеності роботою та результативності роботи.

У іншому дослідженні [73] «IS модель успіху» була інтегрована з соціальною когнітивною теорією і теорією мотивації для пояснення критичних факторів успіху електронного навчання. Для цього було поєднано три виміри успіху IS моделі:

- структура та якість системи
- якість інформації
- якість термінальних послуг

та чотири додаткові виміри із соціально-когнітивних та мотиваційних теорій:

- середовище електронного навчання
- характеристика учня
- характеристика інструктора
- зовнішня мотивація

На сьогоднішній день процес корпоративного навчання носить дуалістичний характер – з одного боку, він забезпечує безпе-

первність передачі інформації та формування корисних навичок працівників, а з іншого – знижує можливість творчого розвитку персоналу та їх змін. В рамках цього технології приносять новий набір проблем для процесу корпоративного навчання [129].

Залишається відкритим питання щодо ефективності інтеграції технологій у консервативний навчальний процес корпоративної підготовки персоналу, який сформувався на підприємствах нашої держави. Дослідження показують, що інтеграція технологій є складним процесом змін в процесі професійної підготовки персоналу підприємств, при цьому можливість застосування сучасних технологій в освітньому процесі надзвичайно різноманітна [74]. Є очевидним, що використання нових освітніх технологій у корпоративному навчанні зросло за останні роки, розроблено як навчальні платформи, так і програми для перевірки рівня засвоєних знань (проведення тестування працівників), але прийняття та використання технологій продовжують залишатися проблемними для підприємств України [72].

На сьогоднішній день у наукових дослідженнях не описано цілісної концепції інтеграції новітніх технологій у процес корпоративного навчання. Тим не менш, було запропоновано низку моделей для опису механізму та факторів, що впливають на впровадження технологій, серед них необхідно виділити такі як: «єдина теорія прийняття та використання технологій» (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)) та «модель прийняття технологій» (Technology Acceptance Model (TAM)). Зазначені вище моделі сформовані на основі двох психологічних теорій: «теорія розумної дії» [91] та «теорія планованої поведінки» [65]. Модель UTAUT для встановлення досягнення термінального результату виділяє чотири детермінанти [144]:

- досягнення очікуваних результатів;
- прикладені зусилля;
- соціальний вплив отриманого результату;
- умови корпоративного середовища.

Ряд авторів [147] вважають, що вплив цих детермінант моделюється статтю учасників навчального процесу, їх віком, наявним емпіричним досвідом та усвідомленістю використання технологій у процесі корпоративного навчання.

Іншою моделлю є «Модель прийняття технологій» (TAM), яку використовують для аналізу ефективності використання технологій у навчальному процесі [85]. TAM та UTAUT не єдині моделі, які

розроблені для досягнення вказаної вище цілі [140], тим не менш саме модель TAM домінує у наукових роботах для опису теоретичних основ та фактичних результатів використання новітніх технологій у навчальному процесі, у тому числі корпоративному [101, 109, 118].

Модель прийняття технологій, вперше запропонована Davis F. D. [85], розглядає кінцевий результат впровадження нових технологій у навчальний процес на основі двох мотиваційних елементів:

1. мотивація учасників процесу, яка включає:
 - сприймання простоти використання («perceived ease of user») – ступінь, на якому людина вважає, що використання технології не потребує зусиль [85];
 - усвідомлення необхідності у процесі роботи наданої інформації («perceived usefulness») – ступінь, на якому людина вважає, що використання технології покращить її роботу [85];
 - індивідуальне ставлення учасників процесу до новітніх технологій («attitudes toward technology») – оцінка людиною технології або специфічної поведінки, пов'язаної з використанням технології [151].
2. змінні результати, які включають в себе:
 - сформовані практичні навички;
 - використання технологій для досягнення результатів навчання.

На основі вказаних вище змінних «perceived usefulness» (PU) та «perceived ease of user» (PEU) формується висновок про ефективність інтеграції новітніх технологій у освітній процес, а також рівень сприйняття інформації учасниками навчання [118]. Окрім описаних змінних розроблено інші показники, що описують відмінність між сприйняттям необхідної інформації та простотою використання інформації [63, 132]:

- суб'єктивні норми (subjective norms – SN) – сприйняття людиною того, що більшість важливих для неї людей вважають, що вона повинна чи не повинна володіти певними нормами поведінки [92];
- самоефективність (self-efficacy – CSE) – ступінь суб'єктивної оцінки можливості виконання певного завдання чи здійснення навчання за допомогою комп'ютера [84];
- умови полегшення (facilitating conditions FC) – ступінь, на якому людина вважає, що існують організаційні та технічні ресурси для оптимізації використання технологій [144].

Загалом, у своїй роботі Scherer R., Siddiq F. і Тео Т. [133] показали, що за допомогою описаних змінних можна описати зусилля, які, за оцінками людини, потрібні для використання технології, а отже, тісно пов'язані з її переконаннями щодо компетентності [130].

По мірі еволюції моделі TAM дослідники вносили нові змінні для додаткової характеристики основних понять моделі. Так, на основі теорії «розумних дій» (theory of reasoned action) вводиться ще дві змінних [Straub, E. T. (2009). Understanding Technology Adoption: Theory and Future Directions for Informal Learning. *Review of Educational Research*, 79(2), 625–649.]:

- Поведінкові наміри (behavioral intention – BI) – намір людини використовувати технологію;
- Використання технології (technology use - USE) - фактичне використання людиною технологій

Виходячи з великої кількості змінних у теорії TAM їх взаємодія та взаємовплив досліджувалися емпірично [142]. На сьогодні виокремлено чотири основних моделі, які зображенні на рисунку 2.3.

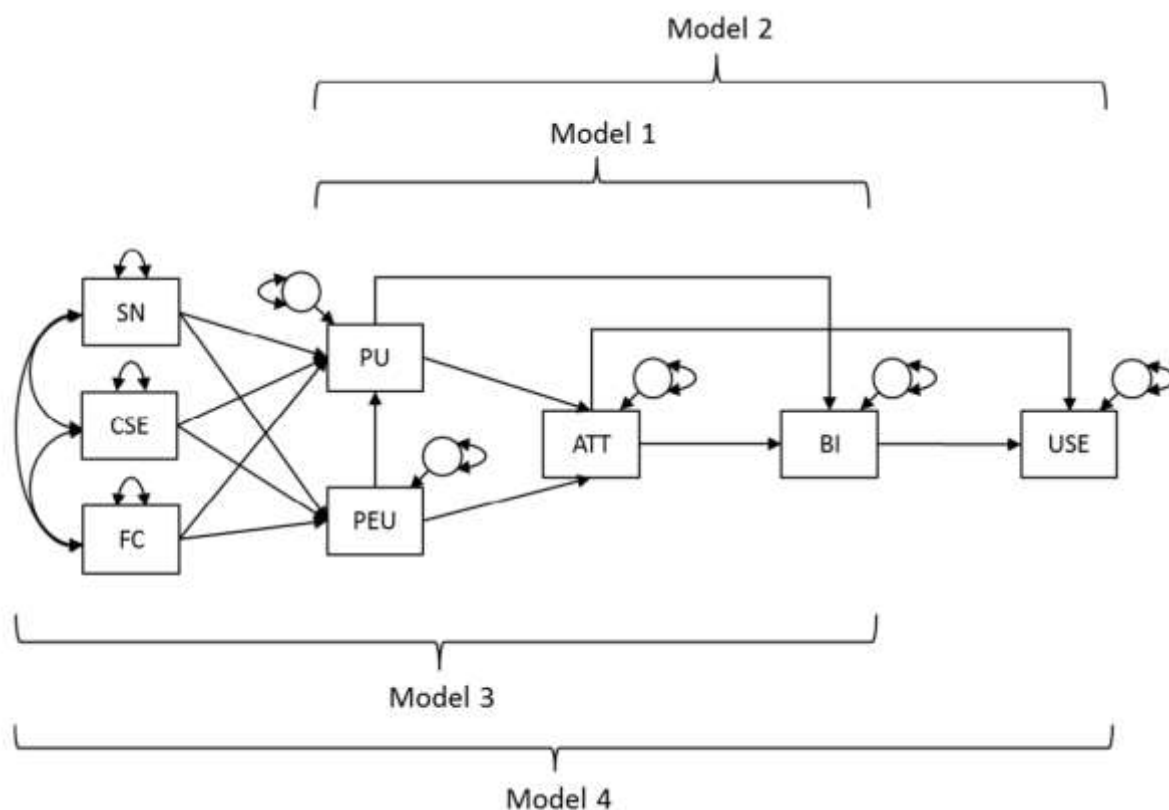


Рис. 2.3. Моделі концепції TAM

Джерело: [130]

Модель 1 представляє ядро TAM і зосереджується на поведінкових мотивах, як на термінальному результаті освітнього процесу. Модель 2 розширює цю модель через використання новітніх технологій. Причиною формування моделі 2 є відсутність у результатах емпіричних досліджень зв'язку між намірами використання технологій та їх фактичним застосуванням, що враховується при введенні поняття USE. Моделі 3 та 4 сформовані на основі моделей 1 та 2, при цьому до них було додано предиктори SN, CSE та FC [118, 123].

Емпіричні дослідження на основі моделі TAM виявили ряд проблем:

1. відсутність однозначності у взаємодії елементів моделі TAM, представлених на моделях 1–4. Яскравим прикладом чого є кардинальна розбіжність у результатах встановлення зв'язку між сприйняттям необхідності (PU) та поведінковими намірами (BI), так, дослідники [82, 127] встановили однозначну взаємозалежність, тоді як в інших дослідженнях результати були протилежні [110, 143].

2. роль зовнішніх змінних, які надають додаткову характеристику основним поняттям системи TAM, є різна [79].

3. низька відтворюваність результатів досліджень, проведених на групі працівників освітньої сфери різних національностей та віку [143]. Такі дослідження часто не можуть виявити повної незмінності між групами, що вказує на неможливість моделі TAM в повній мірі охарактеризувати всі контексти та групи осіб.

Поступ корпоративного навчання диктує впровадження електронного навчання, що дозволить оптимізувати час навчального процесу, підготувати дидактичний матеріал для забезпечення якісного засвоєння знань та, відповідно, отримати ефективно засвоєння теоретичних знань та формування практичних навичок. Традиційний підхід до навчального процесу передбачає виключно усну передачу інформації з можливою демонстрацією застосовуваного обладнання чи документації. Важливою втратою для освітнього процесу є упущення самоосвіти працівників, що дозволило б скоротити час підготовки працівника та зменшити навантаження на працівника компанії, який займається навчанням. Така зміна парадигми корпоративного навчання дозволила б підвищити ефективність процесу та стимулювати працівників до саморозвитку та слугувала б первинним етапом відбору. Для забезпечення цього процесу необхідне застосування сучасних технологій дис-

танційного навчання та перевірки знань, які повинні бути швидко та ефективно інтегровані у процес корпоративного навчання [67].

На сьогодні використання новітніх ІТ технологій в освітніх цілях на молокопереробних підприємствах знаходиться на низькому рівні. Саме тому для вивчення мотивів, які мають значний вплив на намір використання технології у процесі підготовки спеціалістів різних напрямків та рівня, проведено дослідження на основі одного з молокопереробних підприємств західного регіону. Методологія аналізу ґрунтувалася на основі концепції ТАМ, в опитуванні взяли участь 32 спеціалісти різних служб, які, окрім безпосередньої роботи, займаються підготовкою персоналу.

Для отримання первинних даних було розроблено опитувальник на основі літературних даних схожих досліджень [79]. Розроблена анкета була сформована для об'єктивного аналізу респондентів та максимально швидкого опрацювання результатів, для цього вона розбита на окремі блоки: ставлення до використання комп'ютера (SN), сприймання простоти використання комп'ютерних технологій у процесі навчання (PEU), усвідомлення необхідності використання новітніх технологій у процесі корпоративного навчання (ATCU), встановлення внутрішньої мотивації використання технологій (BI), суб'єктивна оцінка ефективності використання новітніх технологій в освітньому процесі (PU) та характеристика умов проведення навчання (FC). Цифрове вираження отриманих результатів здійснено за 5-бальною шкалою Лайкерта, тобто, 1 – категорично не згоден, а 5 – повністю згоден.

Дані були проаналізовані за допомогою підходу моделювання структурних рівнянь (SEM). Цей метод був використаний через його здатність аналізувати взаємозв'язки між прихованими та спостережуваними змінними та безпосередньо оцінювати випадкові помилки у спостережуваних змінних. SEM має додаткову перевагу перед традиційними методами аналізу даних, яка пов'язана зі здатністю моделювання взаємозв'язків між прихованими змінними [100]. Окрім цього, використано двоетапний підхід до побудови SEM [135], перший крок включає оцінку моделі CFA, яка описує здатність спостережуваних показників (елементів опитування) опосередковано вимірювати приховані конструкції. На другому етапі оцінюється структурна частина моделі – встановлення зв'язків між екзогенними та ендогенними латентними змінними.

Аналіз включає тестування на нормальність даних та модель дослідження – відношення між шістьма елементами дослідження.

Усі отриманні дані були піддані статистичному аналізу та представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Результати статистичного аналізу опитування працівників підприємства

Об'єкт дослідження	Середнє арифметичне значення	Середнє квадратичне відхилення	average variance extracted (AVE)	composite reliability (CR)	Cronbach's alpha
1	2	3	4	5	6
SN	4,34	0,70	0,585	0,733	0,744
PCU	3,89	1,00	0,685	0,876	0,867
ATCU	3,78	0,98	0,948	0,981	0,982
BI	3,44	1,02	0,56	0,79	0,792
PU	3,81	0,86	0,733	0,889	0,911
FC	3,76	0,77	0,514	0,76	0,812

Джерело: розроблено автором

Як відомо, конвергентна достовірність визначається показниками композитної надійності (composite reliability – CR) та середнім показником дисперсії (average variance extracted – AVE). Сумарна надійність, яка досягнула показника 0,7 або вище, означає, що на основі отриманих даних можна зробити достовірні висновки. Так, середнє значення середнього показника дисперсії в цьому дослідженні становить 0,67, тоді як цей показник вище 0,5 вказує на високу надійність досліджуваної моделі [138]. Ще одним показником надійності отриманих результатів є альфа коефіцієнт (Cronbach's alpha), так у всіх дослідженнях цей показник знаходиться в інтервалі 0,744–0,982, що вище рекомендованого критерію в 0,7. Таким чином, можна стверджувати, що вжиті заходи є надійними та внутрішньо послідовними.

Отримані дані вказують на відносно низький рівень довіри до ефективності використання комп'ютерних технологій під час проведення корпоративного навчання, а показник внутрішньої мотивації (BI) є найнижчим зі всіх значень – 3,44. Таке ставлення до використання світової практики у навчальному процесі на молокопереробних підприємствах України негативно впливає на ефективність виробництва, а отже, і на його конкурентоздатність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку збуту. Не менш показовим є значення середнього квадратичного відхилення цього показника – 1,02, що вказує на діаметрально протилежні відповіді на одні і ті ж питання. Таким чином, можна припустити, що такі дані пов'язані з певними внутрішніми переконаннями кожного з членів групи опитуваних працівників підприємства.

Для перевірки такого припущення використано моделювання множинних причин (MIMIC), щоб оцінити, чи є корелятивні зв'язки у внутрішній мотивації респондентів з їх віком та рівнем освіти. Моделювання MIMIC використовується, коли вважається, що спостережувані змінні є проявами базової неспостережуваної прихованої змінної, на яку можуть впливати інші екзогенні змінні, які безпосередньо чи опосередковано впливають на латентний фактор [105]. Застосування MIMIC-моделювання має ряд переваг:

1. дозволяє одночасно аналізувати модель як з обраними об'єктами дослідження, так і з прихованими факторами;
2. отримані дані дозволяють отримати точні та репрезентативні результати;
3. дозволяє проводити порівняння дихотомічних груп з використанням показників як екзогенних змінних.

Цей метод часто використовується як альтернатива проведення статистичного порівняння багатьох груп результатів, де потрібні більші розміри вибірки [77]. Таким чином, для аналізу MIMIC отримана вибірка не розділялася на підвибірки і не піддавалася додатковій ідентифікації [111].

Для проведення статистичного аналізу згідно моделі MIMIC припустимо, що присутня єдина латентна змінна, яка індукується декількома дослідними змінними і проявляється через декілька екзогенних змінних [104]. При цьому необхідно припустити, що цими екзогенними змінними є вік та рівень освіти працівників, таким чином, аналізована модель розглядалася як ряд окремих регресій залежності внутрішньої мотиваційної складової респондентів від інших семи змінних: ставлення до використання комп'ютера (SN), сприймання простоти використання комп'ютерних технологій у процесі навчання (PEU), усвідомлення необхідності використання новітніх технологій у процесі корпоративного навчання (ATCU), суб'єктивна оцінка ефективності використання новітніх технологій в освітньому процесі (PU), характеристика умов проведення навчання (FC), рівень освіти та вік працівників. Візуалізація моделі впливу рівня освіти та віку респондентів на їх внутрішню мотивацію застосування комп'ютерних технологій під час навчання представлена на рисунку 2.3.

Для встановлення впливу останніх двох факторів зроблено умовну їх дихотомізацію, при цьому показник освіти респондентів був позначений як 0 – працівники не мають вищої освіти, а 1 – респонденти володіють вищою освітою. Аналогічно здійснено поз-

начення віку опитуваних працівників, за середнє значення взято 35 років, таким чином, 0 та 1 відповідали, відповідно, категорії працівників нижче та вище цієї умовної межі. Розраховані коефіцієнти дозволяють оцінити наявність прямого впливу цих двох змінних на рівень мотивації працівників, а їхнє значення можна інтерпретувати як можливу наявність додаткового фактору – наявність вищої освіти чи її відсутність, а також різниця у віці респондентів.



Рис. 2.3. Модель впливу рівня освіти та віку респондентів на їх внутрішню мотивацію

Джерело: розроблено автором

Аналіз отриманих результатів статистичної обробки (табл. 2.2) показав наявний корелятивний зв'язок між внутрішньою мотивацією працівників підприємства, які залучені до проведення корпоративного навчання, та досліджуваними змінними.

Отриманні дані підтверджують гіпотезу про вплив внутрішньої мотивації на досліджувані змінні, при цьому, найвищий коефіцієнт встановлено для фактора «ставлення до використання комп'ютера» – 0,703. Це значення є важливими для розуміння усіх результатів проведеного дослідження, адже від внутрішнього ставлення до новітніх технологій залежатиме їх застосування у навчальному процесі.

Не менш показовими є результати наявності кореляції між внутрішньою мотивацією працівників підприємства використовувати інформаційні технології під час навчання та їхнім віком та наявністю вищої освіти. Так, наявність залежності мотивації від віку респондентів, ймовірно, пов'язано з недостатньою у них ком-

п'ютерною грамотністю. Особливо це помітно у навчальному процесі, у якому беруть участь вчителі, які здобували свою освіту ще до масового застосування комп'ютерних технологій.

Таблиця 2.2

Результати статистичного аналізу гіпотез за допомогою МІМІС моделювання

№	Гіпотеза	Коефіцієнт розрахунку
1	вплив внутрішньої мотивації на ставлення до використання комп'ютера	0,703
2	вплив внутрішньої мотивації на сприйняття простоти використання комп'ютерних технологій у процесі навчання	0,524
3	вплив внутрішньої мотивації на усвідомлення необхідності використання новітніх технологій у процесі корпоративного навчання	0,409
4	вплив внутрішньої мотивації на суб'єктивну оцінку ефективності використання новітніх технологій в освітньому процесі	0,398
5	вплив внутрішньої мотивації на характеристику умов проведення навчання	0,228
6	вплив рівня освіти на внутрішню мотивацію	-0,361
7	вплив віку респондентів на внутрішню мотивацію	0,289

Джерело: розроблено автором

З іншого боку, отримані результати статистичного аналізу кореляції мотивації та наявності вищої освіти вказують на те, що наявність диплома спеціаліста чи магістра підвищує ймовірність застосування комп'ютерних технологій у процесі навчання. Це, ймовірно, пов'язано із застосування технологій електронного навчання у програмах їх підготовки у ВУЗі. Таким чином, очевидно, для підвищення застосування ІТ технологій у процесі корпоративного навчання необхідно сформувати у працівників підприємства навички комп'ютерної грамотності, необхідні для життя у сучасному суспільстві та розвивати вміння використовувати новітні технології для пошуку, аналізу, використання та передачі інформації.

Виходячи з отриманих даних, на молокопереробному підприємстві було запропоновано проводити як навчання, так і перевірку знань за допомогою «навчального порталу». Ця система повинна мати базу навчальних матеріалів і тестів для встановлення рівня засвоєних знань.

Оцінка ефективності корпоративного навчання. Наступним кроком після впровадження корпоративного навчання є перевірка його ефективної роботи. Отримані дані необхідні як для

оптимізації процесу або впровадження необхідних коригувань, так і для представлення результатів топ-менеджерам компанії щодо вкладених коштів у навчальний процес. Так, згідно даних D. J. Ford [86] середні витрати компаній США на навчання персоналу становили 1,4% від загальних бюджетованих витрат. У той же час успішні західні компанії, такі як «ІВМ», «Дженерал Електрик», «Ксерокс», «Тексас інструментс» та «Моторола» вкладають у корпоративне навчання від 42 до 750 млрд. доларів [59]. У порівнянні бюджет внутрішньокорпоративного навчання російських компаній в середньому знаходиться на рівні 2,35% від запланованих щорічних витрат компанії [34].

Сформований розмір бюджету на навчання персоналу залежить від розміру підприємства, галузі, стадії розвитку, об'ємів продажу продукції та багатьох інших чинників. Згідно з результатами дослідження компанії CBSD, чим більша компанія, тим більше коштів, як у натуральному, так і у відсотковому співвідношенні вона витрачає на освіту своїх співробітників.

У середніх та великих компаніях за організацію процесу навчання персоналу, моніторинг його ефективності, внесення необхідних коректив та впровадження ефективних інновацій відповідає служба HR. Для забезпечення виконання вказаних вище вимог формується навчальний центр, витрати якого розподіляються таким чином [34]:

47% – зарплата штатним співробітникам навчального центру та гонорари співробітникам компанії, що залучаються до викладання;

10–15% – зарплата зовнішнім викладачам;

10–15% – оренда приміщення, якщо навчання проводилося за межами підприємства;

3–4% – закупівля та оновлення оргтехніки;

1–3% – підключення до Інтернету, створення та підтримка web-сторінки, оплата телефонних розмов;

1–3% – буклети, рекламна продукція з логотипом компанії, підписка на профвидання;

1–3% – інші потреби.

Поняття «ефективність» у найширшому понятті є співвідношенням отриманої вигоди до адитивного показника затрат для її досягнення. У залежності від характеру отриманої вигоди виділяють:

- економічну;
- соціально-економічну;

- соціальну;
- техніко-технологічну;
- екологічну.

Аналіз структури і видів цих витрат та отриманих дивідендів з навчання зумовить лише одностороннє формування уявлення про ефективність. Такий розгляд сформованої ситуації забезпечить економічну оцінку ефективності за співвідношенням «витрати – результат», що не може слугувати єдиним критерієм ефективності освітнього процесу. Саме тому одним з найскладніших питань, яке стоїть перед працівниками служби HR чи спеціального структурного підрозділу з навчання персоналу, об'єктивний вибір показників ефективності процесу навчання. Обрані критерії повинні розділятися на дві складових частини – константні показники, які не залежатимуть від специфіки виконуваного функціоналу працівником та кінцевого продукту відділу, де працює співробітник, та змінні параметри – залежатимуть від двох, вказаних вище критеріїв. На основі такого підходу можна зробити висновок, що під оцінкою навчання персоналу слід розуміти ефективність управлінських рішень, основним критерієм якої є економічний результат, а додатковими можуть виступати соціальні та методичні показники, які адекватно виражають для керуючого суб'єкта як необхідність, так і можливість реалізації рішень по об'єкту [34].

Якщо ж розглядати ефективність корпоративного навчання персоналу з точки зору педагогіки, то її вираженням буде рівень професійної компетентності учнів-працівників і, відповідно, результати їхньої роботи. Таким чином, цільовим індикатором оцінки результатів навчання може бути рівень кваліфікаційних характеристик працівника:

- когнітивно-діяльнісний аспект виконання покладених на нього функцій;
- професійний досвід співробітника.

Такий вибір основних критеріїв оцінки ефективності корпоративного навчання дозволяє застосувати праксеологічний підхід, в основі якого знаходиться аналіз діяльності працівника з позицій раціональності та оптимальності її здійснення. Найчастіше у ролі критеріїв виступають такі показники:

- *результативність процесу навчання*, яка виражається у засвоєнні отриманих теоретичних знань та формуванні практичних навичок;

– *продуктивність діяльності працівника* знаходиться на необхідному рівні для забезпечення ефективної роботи інших ланок процесу та збереженні необхідного такту діяльності;

– *правильність роботи працівника* – кінцевий продукт виконаної роботи відповідає заданим параметрам;

– *дотримання стандарту виконання процесу* – відсутність або мінімізація дій, що знижують ефективність виконуваної роботи;

Таким чином, потенціал праксеологічного підходу розкривається через досягнення учнем нормативних результатів професійної діяльності [33].

Цей підхід до оцінки ефективності корпоративного навчання передбачає комплексний підхід до процесу аналізу [43]:

1. комплексна оцінка ефективності корпоративної програми навчання, яка полягає у встановленні:

– якості процесу викладання необхідної інформації для засвоєння учнем-працівником;

– встановлення доцільності використання обраних технологій навчання;

– якість нормативно-методичного забезпечення навчального процесу;

2. аналіз якості процесу корпоративного навчання.

3. оцінка результатів корпоративного навчання та впроваджених коригувальних дій.

Отже, результатом корпоративного навчання персоналу виступає актуалізована або сформована нова загальнопрофесійна / спеціалізована компетенція, що підвищує ефективність реалізації працівником трудових функцій та вирішення ним професійних завдань після навчання відповідно до запланованих в освітній програмі цільових значень, що відповідають корпоративним потребам та стандартам діяльності. Виходячи з цього, результативність визначається ступенем реалізації запланованої діяльності та досягнення запланованих результатів. Отримані результати можуть носити різновекторний характер:

– фактичні результати нижче запланованих – негативна результативність корпоративного навчання;

– фактичні результати відповідають або вище запланованим – позитивний результат.

Праксеологічний підхід до оцінки ефективності корпоративного навчання дозволяє провести аналіз у трьох площинах (рис. 2.4).

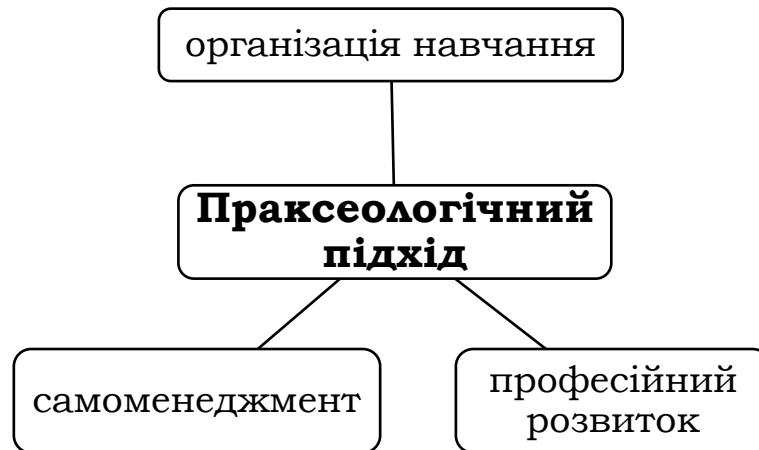


Рис. 2.4. Напрямки оцінки ефективності корпоративного навчання.

Джерело: розроблено автором

Вказана на рисунку триада векторів аналізу ефективності педагогічного процесу забезпечує комплексність та об'єктивність оцінки, а також оцифровує сукупність запланованих результатів навчання:

1. *організаційного* – нормативно-методичне забезпечення процесу корпоративного навчання, організація освітнього процесу, організаційно-педагогічні умови його реалізації;

2. *педагогічного* – актуалізація та формування професійних компетенцій працівників;

3. *особистісного* – мотивація працівників до персонального професійного розвитку, ціннісне ставлення до навчання, ступінь задоволеності процесом та результатами навчання, рефлексія професійно-особистісних змін.

Методи оцінки ефективності корпоративного навчання за критерієм отриманого результату можна розділити на три групи і представити у вигляді схеми (рис. 2.5).

1. Одним з найбільш поширених *кількісних методів* оцінки ефективності корпоративного навчання є розрахунок показника «Return on Investment». Цей спосіб був розроблений наприкінці 1980-х та впроваджений у роботу служби HR на початку 1990-х років. Розробником даного методу є фахівець із роботи з людськими ресурсами Дж. Філіпс [15]. Запропонований підхід схвалено Американською асоціацією тренінгу та розвитку (ASTD), що забезпечує його використання у найбільших компаніях цієї країни. Показник ROI дає можливість оцінити, який прибуток приніс компанії один долар, інвестований у розвиток персоналу.

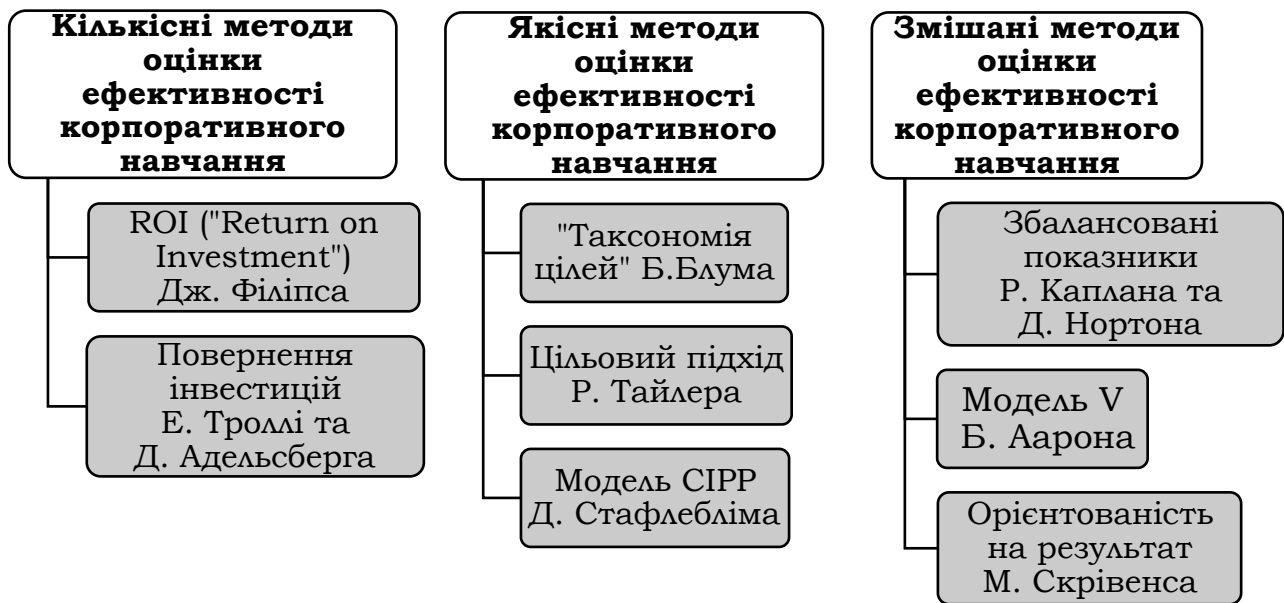


Рис. 2.5. Методи оцінки ефективності корпоративного навчання

Джерело: розроблено автором

Для розрахунку ефективності програми навчання персоналу виділяються показники, на які має вплинути освітній процес, найчастіше, ними є:

- обсяг продажів;
- рівень прибутку компанії;
- показник витрат компанії;
- продуктивність праці на ключових ланках виробництва;
- трудовитрати.

Обрані об'єкти аналізу піддаються виміру до та після навчання персоналу. Зафіксовані зміни бізнес-показників конвертуються у грошовий еквівалент та підсумовуються. Аналогічно підраховуються витрати на проведення навчання і на основі цих даних розраховується ROI за формулою:

$$ROI = \frac{\text{Дохід від проведеного навчання} - \text{Затрати на навчання}}{\text{Затрати на навчання}} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

2. Найбільш поширеним *якісним методом* оцінки ефективності корпоративного навчання є модель CIPP Стафлебліма. На початку сімдесятих Даніел А. Стафлеблім розробив модель CIPP, згідно з якою «оцінка – це процес визначення, отримання, надання та застосування описової та оцінювальної інформації про переваги та цінність обраних цілей, розробки, реалізації та результатів процесу навчання» [139]. Автор цієї моделі визначає її як «всеохоп-

люючи структуру для керівництва оцінювання програм, проектів, персоналу, результатів навчання та самої системи оцінки» [139]. Аббревіатура CIPP означає чотири різні виміри моделі, а саме: контекст («Context»), вхід («Input»), процес («Process») і продукт («Product») (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Характеристика основних компонентів моделі CIPP

Джерело: розроблено автором

Модель CIPP розглядається в рамках підходів, орієнтованих на прийняття рішень, що ґрунтується на результатах експериментальних даних. В даній методології керівник програми обирає незалежного експерта, який забезпечить процес збору необхідної інформації, сформує на її основі об'єктивні висновки та розробить ефективні рішення для покращення наявної ситуації. Окрім сформованих рекомендацій, експерт надасть короткий опис відносних переваг та недоліків кожного альтернативного рішення, що дозволить особі, яка приймає рішення, обрати найкращий варіант з точки зору визначених параметрів [150].

Виходячи з такого контексту моделі CIPP «вхід», «процес» і «продукт» характеризуються як цілі аналізу, а програма – як система. Модель CIPP дозволяє з достатньою деталізацією оцінити навчальну програму та розробити рекомендації для підвищення її ефективності. Для цього аудитор аналізує кожен з основних компонентів моделі, розділяючи його на складові [106]. «Контекст» корпоративного навчання розглядають через призму його цілей та

завдань. Аналіз «входу» процесу здійснюють через матеріали, час та ресурси для освітнього середовища. Процесний вимір включає дослідження процесів викладання та навчання на основі їх реалізації, якості, ефективності та корисності. Нарешті, «продукт» розглядається на основі здобутих переваг компанією після реалізації освітньої програми.

Модель CIPP при застосуванні для оцінки ефективності освітніх програм носить гнучкий та директивний характер, при цьому, цей процес може реалізовуватися двома шляхами [113]:

1. оцінювання в кінці навчальної програми, що надасть необхідну інформацію для оптимізації необхідних векторів розвитку.

2. підзвітність – під час впровадження програми навчання проводяться тести для оцінки очікуваного плану навчальної програми.

Після того, як аудитори обрали спосіб оцінювання, розпочинається директивний підхід до оцінювання програми шляхом визначення основних компонентів чотирьох основних компонентів моделі CIPP.

Практичну реалізацію оцінки ефективності навчальної програми за допомогою CIPP-моделі було здійснено на одному з молокопереробних підприємств західного регіону України. Для дослідження було вирішено використати анкетування як методику збору первинних даних.

Запитання в анкеті були у формі п'ятибальної шкали Лайкерта:

- я категорично не згоден – 1 бал;
- я не згоден – 2 бали;
- я частково згоден – 3 бали;
- згоден – 4 бали;
- я повністю згоден – 5 балів.

Анкета складалася з 24 запитань, що дозволило отримати об'єктивну оцінку навчального процесу, який успішно завершили 46 працівників підприємства.

На основі отриманих анкет проведено кількісну оцінку кожного з компонентів моделі, всі дані були піддані статистичному аналізу. Отримані дані були згруповані у вигляді таблиць та здійснено їх інтерпретацію.

Для оцінки даних з анкет респондентів використано факторний аналіз. Цей метод було обрано після проведення перевірки його можливого використання за допомогою тесту Кайзера-Майєра-Олкіна (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy)

або КМО – величина, що характеризує ступінь можливості використання факторного аналізу до даної вибірки [71]:

- більше 0,9 – безумовна адекватність;
- більше 0,8 – висока адекватність;
- більше 0,7 – достатня адекватність;
- більше 0,6 – задовільна адекватність;
- більше 0,5 – низька адекватність;
- менш ніж 0,5 – факторний аналіз неможливий до використання.

Результат тесту КМО, введеного для шкали, визначив значення R як 0,84, що забезпечує високу адекватність результатів факторного аналізу.

Також проведено тест сферичності Барлетта (Barlett' Test of Sphericity) – критерій багатовимірної нормальності для розподілу змінних. Критерій перевіряє, чи відрізняються кореляції від 0. Значення P -рівня менше 0,05 вказує на придатність проведення факторного аналізу. Результат аналізу показав значення P як 0,00. Оскільки значення P у тесті КМО було більше 0,5, а значення P для тесту Барлетта було меншим за 0,05, валідність тесту, адекватність вибірки та проведений факторний аналіз було підтверджено.

Факторний аналіз було розпочато з двадцяти чотирьох пунктів у початковій формі анкети. В процесі статистичного аналізу отриманих даних виокремлено дев'ять факторів, чиї власні значення були більші за одиницю, але їх не можна було в достатній мірі охарактеризувати відповідно до контексту проведеного дослідження. У зв'язку з цим, вирішено здійснити факторний аналіз за чотирма факторами моделі СІРР з обертанням варімакса, щоб перевірити валідність конструкції анкети (рис. 2.7).

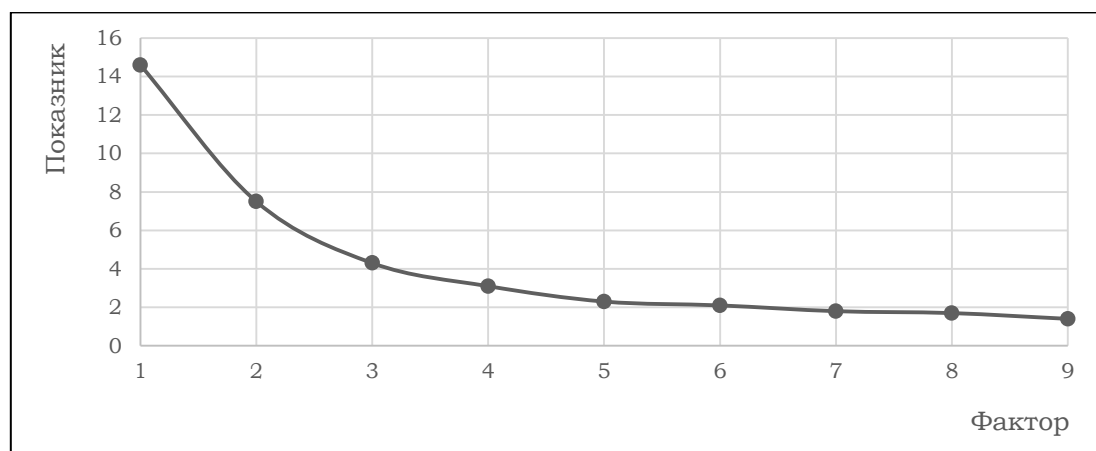


Рис. 2.7. Графічне вираження факторного аналізу з обертанням варімакса

Джерело: розроблено автором

На основі отриманих даних проведено групування факторів, дотримуючись рекомендацій авторів [108]: у разі наявності одного об'єкту аналізу, який має високе факторне навантаження за двома різними факторами, різниця повинна бути не менше 0,10, а факторні навантаження елементів повинні бути не менше 0,45. На основі цього здійснено видалено пункти, чий факторні навантаження були меншими 0,45, таким чином було досягнуто чотиривимірної конструкції. Після здійснення видалення пунктів, повторно здійснено тест КМО, при цьому встановлено значення Р на рівні 0,91, що підтвердило можливість застосування факторного аналізу для нової кількості пунктів в анкеті.

Дані досліджень після факторного аналізу з обертанням варіанса та делеції окремих пунктів аналізу були піддані подальшому статистичному аналізу для встановлення взаємозв'язку між змінними. Для цього здійснено розрахунок показника коваріації (табл. 2.3). Всі значення коваріації знаходяться в межах від 0,21 до 0,46, що вказує на присутність взаємозв'язку між показниками, які визначають фактори СІРР моделі. Так, згідно таблиці 3 фактор № 1 – «Продукт», фактор № 2 – «Процес», фактор № 3 – «Вхід», фактор № 4 – «Контекст».

Таблиця 2.3

Показники статистичного аналізу даних анкетування

Фактор № 1		Фактор № 2		Фактор № 3		Фактор № 4	
№ пункту	показник коваріації	№ пункту	показник коваріації	№ пункту	показник коваріації	№ пункту	показник коваріації
5	0,46	1	0,21	2	0,25	10	0,34
6	0,33	3	0,38	7	0,37	12	0,39
13	0,36	16	0,43	8	0,40	15	0,22
21	0,24	23	0,27	11	0,26	20	0,27
24	0,28	-	-	14	0,31	-	-
18	0,37	-	-	19	0,28	-	-

Джерело: розроблено автором

Провівши факторний аналіз та виділивши чотири основних фактори авторами досліджень проведено перевірку надійності отриманих даних за допомогою розрахунку альфа-коефіцієнту Кронбаха. У таблиці 2.4 наведено коефіцієнти Кронбаха та значення кореляції компонентів із сумарними елементами.

Таблиця 2.4

Коефіцієнти Кронбаха та значення кореляції компонентів

Фактор моделі CIRP	альфа-коефіцієнт Кронбаха	значення кореляції компонентів
фактор № 1 – «Продукт»	0,89	0,41–0,56
фактор № 2 – «Процес»	0,81	0,48–0,62
фактор № 3 – «Вхід»	0,86	0,52–0,74
фактор № 4 – «Контекст»	0,82	0,51–0,66

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 2.4, коефіцієнт надійності чотирьох факторів знаходиться в межах 0,81–0,89. Відомо [108], що якщо коефіцієнт надійності вище 0,70 тоді отримані дані для досліджень соціального спрямування знаходяться на «прийнятному» рівні когерентності. Дослідження показали, що значення кореляції елементів чотирьох факторів знаходяться в межах 0,41–0,74.

Після встановлення надійності отриманих даних проведено розрахунок середнього значення (X) кожного елементу, його стандартного відхилення (σ) та коефіцієнт кореляції (r), результати представлені в таблиці 2.5. Як і в попередніх дослідженнях, надійність отриманих результатів було оцінено за допомогою коефіцієнту кореляції, так як отримані значення знаходяться в інтервалі 0,44–0,68, тобто мають позитивне значення, то можна констатувати надійність цих даних та, відповідно, достовірність їхньої інтерпретації.

Таблиця 2.5

Статистичний аналіз відповідей анкети-опитувальника

№ елемента	X	σ	r	№ елемента	X	σ	r
1	3,86	0,89	0,53	13	3,32	1,09	0,58
2	3,35	0,93	0,58	14	4,02	1,12	0,64
3	3,24	0,78	0,44	15	4,56	0,43	0,66
5	3,97	0,95	0,49	16	4,22	0,72	0,57
6	4,08	0,59	0,48	18	4,39	0,62	0,48
7	4,13	0,63	0,65	19	3,88	0,84	0,52
8	2,98	1,09	0,59	20	3,73	0,76	0,56
10	3,77	1,02	0,51	21	3,69	0,84	0,66
11	4,35	0,71	0,64	23	4,31	0,61	0,68
12	4,09	0,56	0,48	24	4,03	0,83	0,47

Джерело: розроблено автором

Таким чином, була реалізована модель оцінки CIRP для програми підвищення кваліфікації операторів фасувальних станків дільниці фасування рідких продуктів молокопереробного

підприємства. Так, контекстний компонент моделі дозволив оцінити зручність програми підвищення кваліфікації, її збалансованість щодо теоретичної та практичної інформації, наявність точних оцифрованих даних, за допомогою яких можна оцінити якість роботи станка, відповідність сформованих роздаткових матеріалів рівню підготовки операторів дільниці і загальне розуміння необхідності такого навчання. За допомогою компоненту CIPP «вхід» оцінювали достатність та якість використаних візуальних та письмових матеріалів у навчальній програмі, позитивний вплив дидактичних матеріалів на рівень засвоєних знань працівниками виробничої дільниці. У компонент CIPP моделі «процес» вкладалася необхідність вирішення таких питань, як: наявність достатньої кількості практичних занять для формування необхідних навичок, необхідність відвідування навчання в аудиторній формі чи заміни її на індивідуальний підхід, необхідність впровадження проміжних тестувань для моніторингу рівня засвоєння необхідних знань, відповідний рівень підготовленості викладачів для якісної реалізації цієї навчальної програми, реалізація викладачем індивідуального підходу в навчальному процесі. За допомогою останнього компоненту моделі «продукт» отримано відповіді на такі питання, як задоволення індивідуальних потреб та інтересів учасників навчального процесу, наявність мотиваційного елементу в навчальному процесі, суб'єктивна оцінка операторів дільниці щодо необхідності навчання подібного штибу, формування звички до саморозвитку, навчання в групах, достатність навчального матеріалу для формування необхідних практичних навичок.

Отже, результати цього дослідження можуть зацікавити науковців, педагогів та організаторів навчального процесу. Тобто шкалу можна використовувати як ефективний інструмент для оцінки навчальної програми на будь-якому етапі, що відкриває нові перспективи у сфері оцінки навчальних програм корпоративного навчання.

3. Найбільш затребуваним збалансованим методом оцінки ефективності процесу навчання є збалансована система показників (Balanced Scorecard). Вона була розроблена у 90-х роках ХХ століття Дейвідом Нортоном і Робертом Капланом для аналізу стану компанії за допомогою набору фінансових і нефінансових показників [8].

До розробки збалансованої системи показників економістів спонукало прагнення усунути недоліки традиційної підходу бухгал-

терського обліку, що генерує інформацію для обчислення фінансових показників оцінки діяльності підприємства без врахування нематеріальних та інтелектуальних активів. До таких нематеріальних компонентів відносяться: мотивація працівників, їх емпіричний досвід, лояльність працівників та клієнтів. На сьогоднішній день, з розвитком цифрових технологій та соціальних мереж, все більше ці нематеріальні активи стають визначальнішими за фінансові показники. А оскільки точна і достовірна оцінка таких нематеріальних активів, як просування на ринок нового продукту, потенційні можливості, досвід, зацікавленість і гнучкість працівників, лояльність клієнтів, системи і бази даних є складним завданням, останні, ймовірно, не знайдуть свого відображення в бухгалтерському балансі [11].

«Balanced Scorecard» дозволяє менеджерам оцінити бізнес з чотирьох різних позицій і дати відповіді на такі чотири визначальних запитання:

1. Як ми виглядаємо в очах акціонерів і яким є наш потенціал як потенційного партнера?

2. Як споживачі ставляться до нас (перспектива клієнтів)?

3. У чому ми повинні діяти краще за інших (перспектива внутрішніх бізнес-процесів)?

4. За рахунок яких знань, умінь, досвіду, технологій і інших нематеріальних активів ми зможемо реалізувати наші конкурентні переваги (перспектива навчання та зростання професійності персоналу)?

Як правило, кожен блок повинен охоплювати від трьох до п'яти показників. Збалансована система показників переводить загальне бачення і стратегію компанії в конкретні цілі і показники за кожною з чотирьох перспектив діяльності підприємства. Зберігши фінансові параметри оцінки минулої діяльності підприємства, збалансована система показників дає можливість керівнику визначити, як організація працює над створенням вартості для сьогоднішніх і майбутніх клієнтів, з одного боку, і що слід здійснити підприємству для розширення внутрішніх можливостей і збільшення інвестицій у персонал, бізнессистеми і процедури з ціллю вдосконалення своєї діяльності в майбутньому, – з іншого. Крім того, означення «збалансована» у даній системі показників означає, що це не просто набір фінансових і нефінансових показників діяльності чи основних факторів успіху підприємства. У правильно побудованій системі різнопланові показники повинні

відображати взаємопов'язані цілі і оціночні критерії їх досягнення. Тобто збалансована система показників – це взаємозалежність причинно-наслідкових зв'язків з критеріями оцінки результатів і факторів їх досягнення [46].

КРІ як один з методів підвищення конкурентоздатності молокопереробного підприємства. Система вимірювання ефективності («performance measurement system» – PMS) складається з набору процедур та визначених показників, які систематично та достовірно вимірюють ефективність виконання основних процесів всієї організації. Впровадження цієї система є першочерговим та одним з найголовніших завдань для забезпечення ефективного управління компанією [122]. Ця система повинна мати чітку структуру та забезпечувати можливість прослідкувати зміни ефективності роботи процесів підприємства за довготривалий період. Дані PMS дозволяють здійснювати моніторинг реалізації задекларованої стратегії компанії, а також, за потреби, вносити в неї необхідні корективи. Також ці показники повинні виводитися в зручному форматі для забезпечення оперативного здійснення порівняльного аналізу за окремі періоди діяльності компанії. Система вимірювання ефективності зосереджується не лише на фінансових показниках, вона також включає в себе кількісні характеристики, які стосуються як внутрішніх, так і зовнішніх споживачів, а також якості роботи окремих внутрішніх процесів [114].

На сьогодні основним ядром PMS є такий елемент, як «ключові показники ефективності» («key performance indicator» KPI), що можна охарактеризувати як набір заходів, які зосереджуються на основних критичних видах діяльності окремого процесу [126]. Таким чином, за допомогою впровадження системи KPI можна нівелювати наявний розрив між фактичними та бажаними показниками компанії чи ефективністю виробничого процесу. Так, у своїй праці Weber A. T. [146] виокремив такі функції системи «key performance indicator»:

- оцифрування прогресу в діяльності працівників чи виробничого процесу;
- встановлення елементів роботи працівника чи етапу виробничого процесу, які потребують покращення;
- мотиваційна основа для досягнення нових цілей;
- реалізація задекларованих елементів місії компанії;
- оцінка реалізації задекларованих цілей.

Зростання конкуренції на світовому ринку та необхідність постійної адаптації до вимог споживачів зумовлює зростання

попиту на точніші системи моніторингу і контролю продуктивності, особливо на виробничих підприємствах [102]. У цьому контексті КРІ застосовують для оцінки ефективності та результативності виробничого процесу загалом, окремо взятого етапу процесу чи усієї виробничої системи [75]. З іншого боку, система КРІ допомагає топ-менеджерам виробничого процесу достовірно оцінити його ефективність, прийняти об'єктивне рішення та проаналізувати ефективність його впровадження [122]. На сьогоднішній день досі не сформовані загальні рекомендації для впровадження системи «ключових показників ефективності» як для окремих виробничих процесів молочної перероби, так і виробничого процесу в цілому [112]. Не менш важливою проблемою є відсутність обміну інформацією між різними підприємствами, що дозволило б реалізувати порівняльний аналіз ефективності впроваджених КРІ та встановити найбільш ефективні рішення для будь-якого виробничого процесу чи виробничої системи загалом [93]. Таким чином, КРІ мають бути правильно підібрані, щоб бути селективними та носити галузеву специфіку, але одночасно носити загальний характер, що забезпечило б можливість здійснювати порівняння різних операцій. Наявні цифрові технології дозволяють збирати величезну кількість даних і обмінюватися ними з різними джерелами її продуктування, для забезпечення загального розвитку молочної галузі України. Тим не менш, залишається відкритим питання визначення даних, які підлягають обміну та правильній їх інтерпретації.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) нещодавно акумулювала та систематизувала наявну інформацію в стандарті ISO 22400 «Система автоматизації та інтеграції – ключові показники ефективності (КРІ) для управління виробничими операціями». Сфера застосування стандарту ISO 22400 є амбітною, оскільки пропонує набір КРІ, який постулює ефективність вказаних рекомендацій не залежно від галузі виробництва і технологічного процесу. ISO 22400 спрямований на визначення найбільш важливих і часто використовуваних заходів моніторингу ефективності процесів у виробничих галузях промисловості, а тому він володіє достатнім потенціалом для розвитку системи автоматизації виробництва [93].

ISO 22400 розроблений Міжнародною організацією зі стандартизації та складається з декількох частин:

- частина 1 містить огляд, основні концепції і термінологію, які дозволяють зрозуміти сенс цього стандарту та сформулювати необхідні теоретичні знання щодо питання КРІ;

– частина 2 ISO 22400 охоплює рекомендації щодо формування та здійснення вимірювання та обрахунку елементів «ключових показників ефективності». Також у цій частині стандарту описано 34 KPI-показників, які стосуються виробничого процесу, та ще 4 характеристики оцінки енергетичної ефективності підприємства. Визначаються основні компоненти кожного KPI, а його розрахунок базується на комбінації цих основних елементів.

На сьогоднішній день існує ряд оптимізацій окремих KPI-показників, а також запозичено термінологію та структуру ISO 22400 для їх застосування в іншому науковому напрямку:

– на основі показників стандарту ISO 22400 розроблено та впроваджено метод, який ґрунтується на сигналах процесу, метою якого є покращення управління його продуктивністю [112].

– на основі ISO 22400 та IEC 62264 розроблено уніфіковану структуру, яка враховує ієрархію виробничої системи та, одночасно, її бізнес-діяльність [102].

– Вауер М. та співавтори [70] для досягнення високої продуктивності на технологічному заводі запропонували використовувати KPI-показники стандарту, як «інтерфейс між плануванням і контролем» (*“the interface between scheduling and control”*).

Тим не менш, стандарт ISO 22400 характеризується і рядом недоліків:

– максимальне узагальнення процесів виступає перешкодою для їх використання на практиці;

– абстрактний характер описів елементів не дозволяє здійснити вибір найефективнішого KPI-показника для вирішення практичного завдання;

– контекст елементів і ключових показників ефективності часто неточний і неоднозначний, а надана інформація іноді фрагментована або неявна.

У своїй праці Lindberg С.-Ф. [112] та співавтори стверджують, що лівова частка KPI, вказані в ISO 22400, є дієвими для дискретного виробництва і не підходять для переробної промисловості, тим не менш, лише три із запроваджених стандартом KPI визнано непридатними для безперервного виробництва. У іншому дослідженні нормативного документу ISO [89] розроблено список недоліків стандарту, основним з яких є нечіткий опис або взагалі відсутність даних, необхідних для обчислення показників KPI. У своїй праці Kang N. та співавтори [107] підкреслили необхідність впровадження інших ключових показників ефективності та еле-

ментів, здатних якісніше відповідати багатоступінчастій виробничій системі.

Незалежно від галузі виробництва та кінцевого продукту компанії, технічне обслуговування обладнання пройшло еволюційний розвиток від рутинного завдання до одного з лімітуючих факторів виробничого процесу. Крім того, роль технічного обслуговування стає все вагомішою для забезпечення конкурентоздатності всього підприємства, що обумовлює необхідність побудови дієвого та ефективного процесу його реалізації [121]. Саме тому розробка та впровадження у виробничий процес селективних «індикаторів» відіграє важливу роль у виконанні завдань по технічному обслуговуванню обладнання [119, 131]. Одним з таких індикаторів є впровадження ключового показника ефективності (KPI), який дозволить оцінити роботу з технічного обслуговування, а також висвітлити питання застарілості електронних компонентів виробничих станків.

Відповідно до стандарту ISO 13306:2017 [78], технічне обслуговування визначається як усі операції, необхідні для збереження або відновлення здатності обладнання виконувати своє завдання. В загальному, цей процес можна розділити на два основних підходи:

1. проактивне технічне обслуговування – усі операції, пов'язані з технічним обслуговуванням, виконуються до того, як виникне будь-яка поломка або зупинка, тобто, спрямовані на її попередження.

2. реактивне технічне обслуговування – виконання регламентованих технічних робіт для усунення поломки чи зупинки обладнання.

Детальніший перелік складових елементів сформовано у формі блок-схеми (рис. 2.8) на основі даних М. Ven-Дауа та співавторів [117].

Для забезпечення конкурентоздатної роботи молокопереробного підприємства необхідний ефективний і надійний процес технічного обслуговування обладнання. Паралельно з вказаною необхідністю розвивалися і набували затребуваної надійності методи контролю цих процесів [120, 134]. За останні декілька років розроблені та впроваджені методи KPI стали все більш важливими в управлінні технічного обслуговування виробничого обладнання. Основними показниками, які використовуються для аналізу ефективності технічного обслуговування, є середній час між відмовами (СЧМВ), середній час ремонту (СЧР) і загальна ефективність обладнання (ЗЕО) [106].

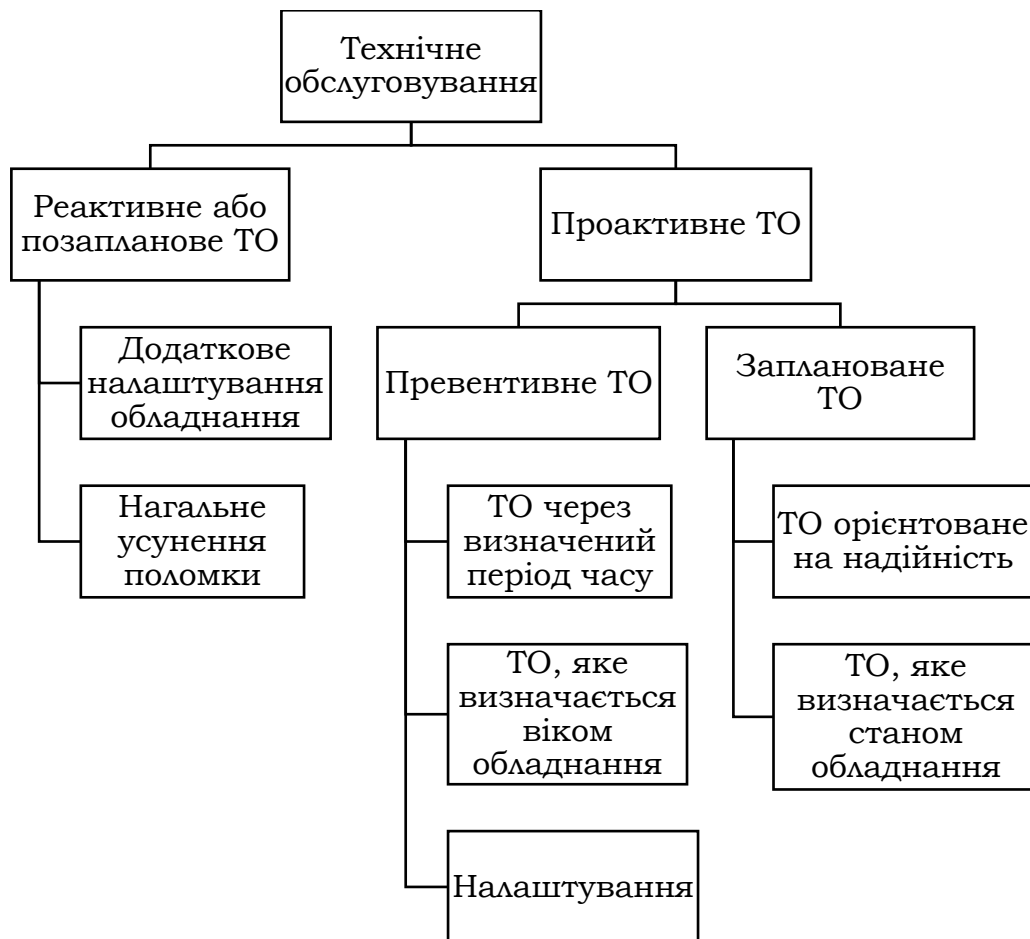


Рис. 2.8. Структура технічного обслуговування виробничого обладнання

Джерело: розроблено автором

Застарілість виробничого обладнання також є проблемою, яка може вплинути на конкурентоздатність компанії в довгостроковій перспективі [80]. Так, згідно даних Y. Grichi та співавторів [98] одними з найпростіших і надійних показників застаріlosti обладнання є:

- воно не працює відповідно до своєї конструкції;
- компанія-виробник зняла його з виробництва.

На сьогодні в науковій літературі відомо ряд досліджень, метою яких була розробка методів кількісної оцінки «застаріlosti» технологічного контролю. Так, F.J.R. Rojo та співавтори [90] впровадили декілька змінних, які можна встановити на основі наявних статистичних даних поломок обладнання. Ці змінні дозволять оцінити два основних показники – «ймовірність» та «ризик», на основі яких можна зробити висновок про застаріlosti обладнання. В іншому науковому дослідженні [98] використано Баєсову статистику для прогнозування ймовірності застаріlosti виробничого обладнання.

В документі ISO 22400 немає KPI, яке відображало б співвідношення кількості проведених технічних робіт по обслуговуванню виробничого обладнання до загального обсягу його роботи під час випуску готового продукту. Такі ключові показники ефективності повинні легко піддаватися розрахунку, використовуючи дані, які вже доступні на підприємстві, або впровадивши додаткові записи, необхідні для статистичного аналізу. Розроблений KPI можна розділити на два кроки:

На *першому кроці* необхідно встановити співвідношення між реактивним та проактивним технічним обслуговуванням (коефіцієнт A), для цього розроблена така формула:

$$A = \frac{N_{\text{реактивних ТО}}}{N_{\text{проактивних ТО}}} \cdot \frac{P_{\text{реактивних ТО}}}{P_{\text{проактивних ТО}}} \quad (2.2)$$

$N_{\text{реактивних ТО}}$ – кількість технічного обслуговування реактивного характеру;

$N_{\text{проактивних ТО}}$ – кількість технічного обслуговування проактивного характеру;

$P_{\text{реактивних ТО}}$ – кількість продукції, не виготовленої під час технічного обслуговування реактивного характеру;

$P_{\text{проактивних ТО}}$ – кількість продукції, не виготовленої під час технічного обслуговування проактивного характеру;

На *другому кроці* необхідно встановити співвідношення загальних втрат компанії під час проведення технічного обслуговування обладнання (коефіцієнт B), як реактивного, так і проактивного характеру, для цього розроблена формула:

$$B = -\log \frac{\left(C_{\text{реактивних ТО}} + C_{\text{реактивних ТО}}^{\text{продукту}} \right) + \left(C_{\text{проактивних ТО}} + C_{\text{проактивних ТО}}^{\text{продукту}} \right)}{C_{\text{виготовленої продукції}}} \quad (2.3)$$

$C_{\text{реактивних ТО}}$ – грошові витрати компанії на технічне обслуговування реактивного характеру;

$C_{\text{проактивних ТО}}$ – грошові витрати компанії на технічне обслуговування проактивного характеру;

$C_{\text{реактивних ТО}}^{\text{продукту}}$ – грошові втрати компанії через не виготовлений продукт під час технічного обслуговування реактивного характеру;

$C_{\text{проактивних ТО}}^{\text{продукту}}$ – грошові втрати компанії через не виготовлений продукт під час технічного обслуговування проактивного характеру;

$C_{\text{виготовленої продукції}}$ – грошовий еквівалент отриманого прибутку від виготовленої продукції.

Отримані результати розрахунку коефіцієнта A необхідно графічно наносити на систему координат для подальшого систематичного аналізу його зміни, що дозволить виявити можливі зміни в роботі обладнання. Так, на рисунку 2.9 А-Г виділено чотири основних патерни зміни цього показника.

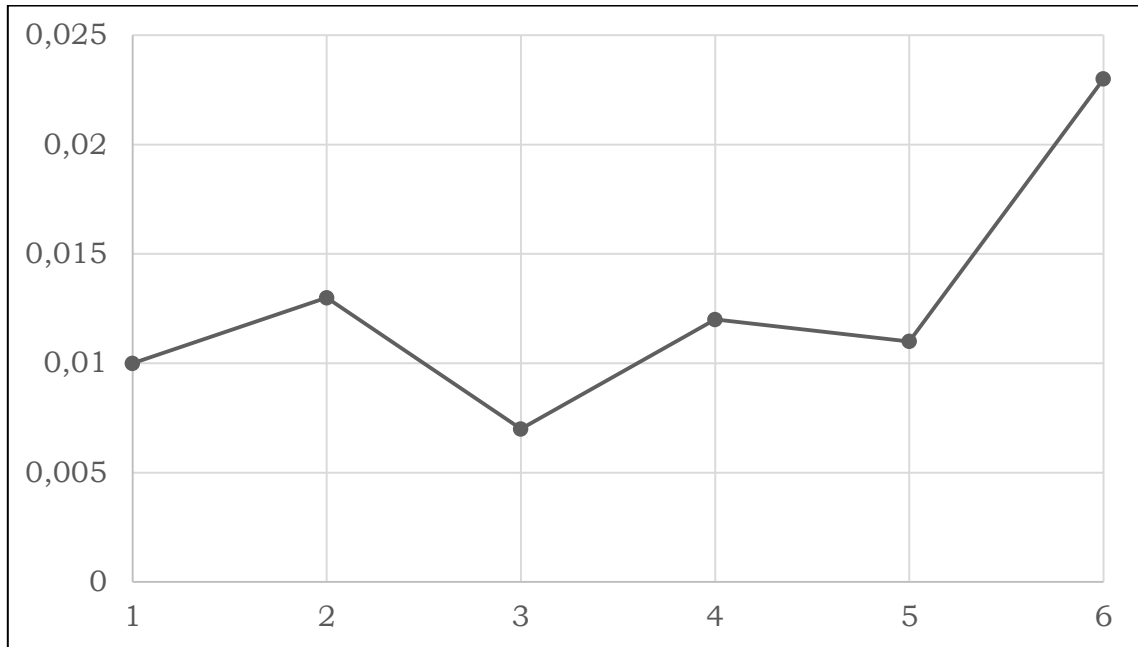


Рис. 2.9А. Графічне зображення патерну А

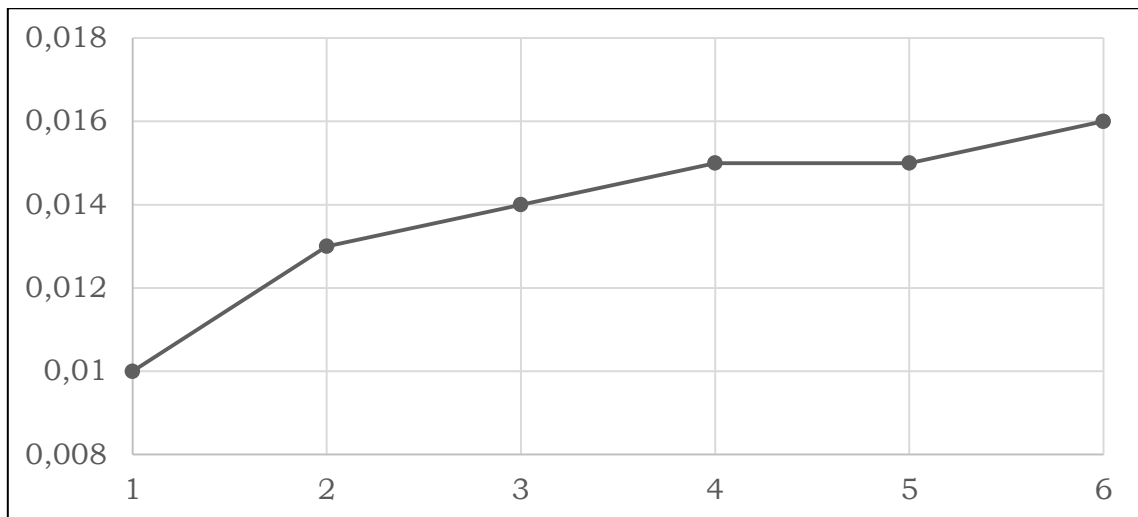


Рис. 2.9Б. Графічне зображення патерну Б

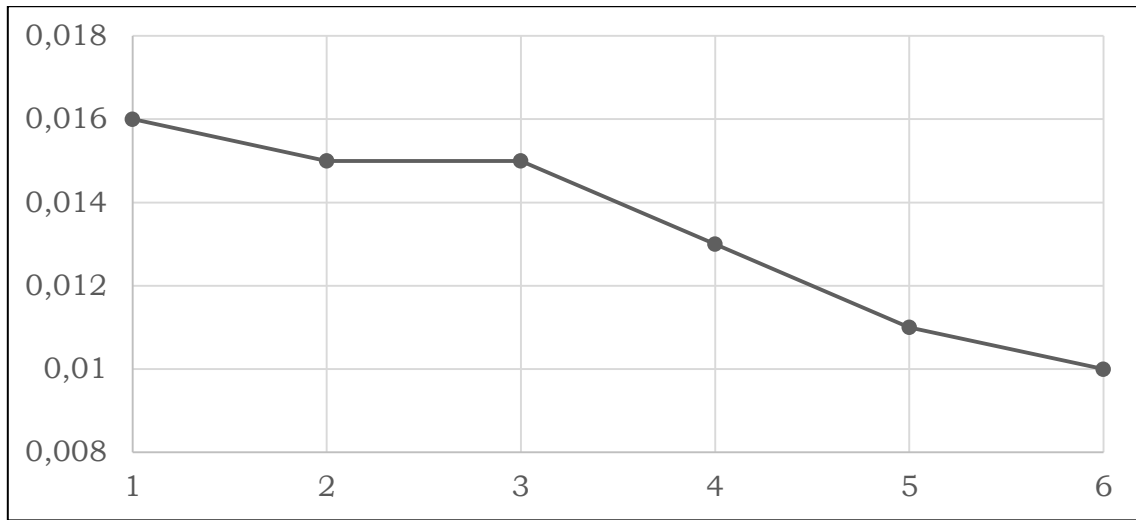


Рис. 2.9В. Графічне зображення патерну В

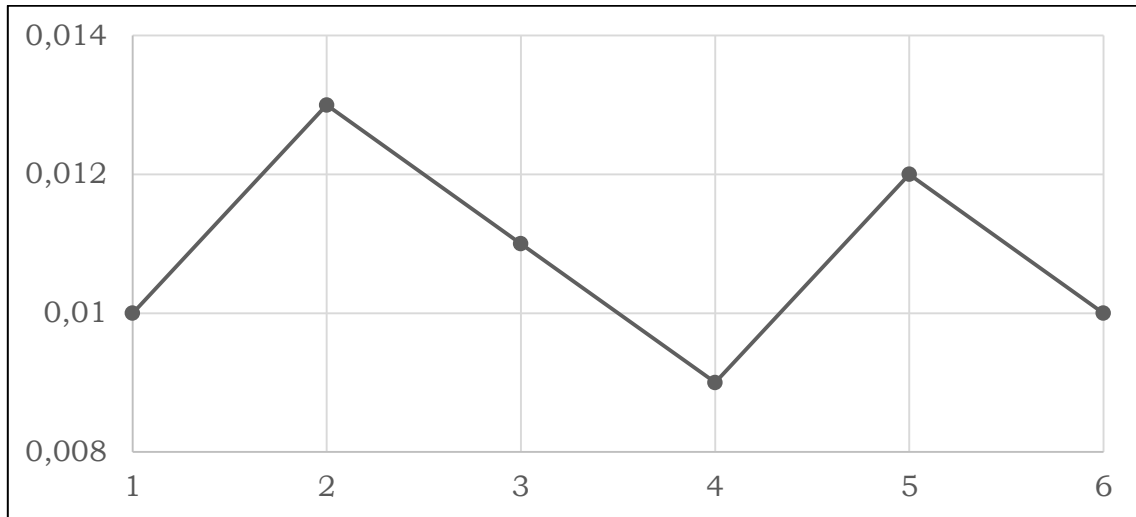


Рис. 2.9Г. Графічне зображення патерну Г

Джерело: розроблено автором

Так, у разі виявлення на графіку аналізу технічного обслуговування виробничого обладнання патерну А, можна стверджувати про формування системної несправності обладнання, яка зумовила збільшення частоти застосування реактивного ТО. Зниження цього показника у наступному хронометражному проміжку вказуватиме на вирішення первинної проблеми, якщо ж показник залишиться на тому ж рівні, то це вказуватиме на не усунення першопричини. Третім можливим напрямком побудови діаграми є зростання цього показника, що вказуватиме на погіршення технічного стану обладнання.

Поява висхідного тренду коефіцієнта А (патерн Б), вказуватиме на систематичне збільшення реактивного технічного обслу-

говування виробничого обладнання, що фіксує появу систематичних неполадок, а отже, і зменшення його надійності. Окрім цього, така закономірність може вказувати на неефективне виконання працівниками підприємства своїх обов'язків по ТО обладнання. Натомість формування на графіку низхідного тренду досліджуваного коефіцієнта (патерн В) вказуватиме на ефективність впроваджених схем технічного обслуговування виробничого устаткування.

Формування графіка коефіцієнта А, вказаного на рисунку 2.9Г (патерн Г), вказуватиме на появу циклічних поломок обладнання, алгоритм їх виявлення чи вирішення не вказаний у алгоритмі проактивного ТО. Окрім цього, такий патерн також може сигналізувати про неефективну роботу окремої зміни працівників підприємства, які займаються технічним обслуговуванням устаткування виробничого цеху.

Коефіцієнт Б дозволяє аналізувати ефективність роботи окремо взятого виробничого обладнання, враховуючи всі витрати, які понесло підприємство для випуску готової продукції до теоретичного прибутку, який воно отримало під час продажу готової продукції (необхідно зауважити, що для розрахунку загального прибутку від готової продукції необхідно його адитивну кількість перемножити на ціну). Так, для візуалізації та простоти аналізування необхідно нанести абсолютні значення цього коефіцієнта на вісь координат, у результаті чого можна отримати два можливих тренди зміни цього показника:

1. висхідний тренд вказуватиме на збільшення ефективності технічного обслуговування виробничого обладнання, що дозволило підвищити якість використання робочого часу устаткування;

2. низхідний тренд – зниження ефективності технічного обслуговування виробничого обладнання, що зумовило зниження якості використання робочого часу устаткування, а, отже, зумовило додаткові збитки для компанії.

Ці коефіцієнти також можуть бути використані для оцінки «застарілості» обладнання. Для цього необхідно розділити коефіцієнт Б на коефіцієнт А та нанести отримане значення на координати. У разі появи тренду до зниження цього показника можна стверджувати про «старіння» обладнання та необхідність його модернізації або повної заміни.

Як відомо, однією з ключових вимог до розвитку сучасного підприємства є екстенсивний спосіб збільшення ефективної про-

дуктивності, що забезпечить розвиток компанії, збільшить її прибутки при мінімальних матеріальних затратах. Одним з інструментів досягнення цього є забезпечення мотивації персоналу до професійного розвитку та підтримання високопродуктивного темпу виготовлення продукції, що забезпечує ефективне використання ресурсів та організацію діючого кадрового резерву. Саме тому процес мотивування забезпечує отримання максимального результату від експлуатації наявних трудових ресурсів, що дозволяє збільшити загальну результативність і прибутковість діяльності виробничої системи [45, 60].

На сьогоднішній день одним з ключових етапів виробництва молочних продуктів є процес їх фасування у спожиткову тару. Незважаючи на автоматизацію цього процесу, що дозволяє випустити продукт з відповідними показниками безпеки та з регламентованими значеннями ваги, людина займає центральне місце у забезпеченні продуктивної роботи фасувального станка. Адже, окрім самого процесу фасування, оператор здійснює ряд інших процесів, які не відносяться до продуктивного часу роботи станка, але входять у загальний час праці обладнання:

- процес санітарної обробки;
- встановлення дати маркування продукту;
- налаштування чи переналаштування лінії фасування під спожиткову тару;
- встановлення пакувального матеріалу – HDPE пляшка чи PE плівка;
- встановлення термозбіжної плівки для формування групової упаковки;

Також у процесі фасування беруть участь люди, які упаковують готову продукцію на піддони, швидкість роботи яких, найчастіше, є лімітуючим фактором у загальній продуктивності станка. Це обумовлено фізіологічним аспектом – фізичною втомою, психологічним аспектом – монотонністю роботи і економічним аспектом – рівень заробітної плати цих працівників є найнижчим у виробничій дільниці.

Для будь-якої компанії є два визначальних фактори: якість роботи та її продуктивність. Будь-який керівник завжди ставить собі за мету підвищити ці два показники з мінімальною затратою ресурсів та максимальним кінцевим результатом. Незважаючи на світову практику у використанні як не матеріальних, так і матеріальних методів мотивації [41] запропонована нами модель ґрунтується лише на матеріальній винагороді.

Побудова системи мотивації працівників дільниці фасування готової продукції має такий алгоритм:

1. *Аналіз наявної ефективності роботи фасувального станка.* Для цього необхідно провести збір інформації про час фасування кожного продукту та, відповідно, кількість розфасованого продукту за цей час, відповідно, продуктивність станка матиме розмірність шт./год. і становитиме:

$$W_{\text{станка}} = \frac{\text{кількість продукції, шт}}{\text{час фасування, год}} \quad (2.4)$$

Порівняння отриманих даних з паспортними показниками для цього фасувального станка. На цьому етапі відбувається порівняння даних та встановлення мінімальних та максимальних значень продуктивності роботи станка.

Ці значення встановлюються не лише ґрунтуючись на теоретичних даних, а й, обумовлюються технічним станом обладнання, укомплектованістю змін та видом продукту, а точніше його в'язкістю. Так, для прикладу розглянемо станок Index 6, який забезпечує фасування продукції у різні види пляшки (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Теоретичні показники продуктивності роботи фасувального станка

Продукт	Продуктивність, шт./год.		Паспортні показники роботи станка, шт./год.	Продуктивність для 1% премії
	мінімальна (min)	максимальна (max)		
Кефір термостатний 0,9 кг	4600	5000	6000	4
Йогурт 0,58 кг	3500	4000		5
Йогурт 0,87 кг	3500	4000		5

Джерело: розроблено автором

2. Розробка преміальної частини для працівників виробничої дільниці відповідно до специфіки та відповідальності їхньої професії.

2.1. Премія оператора фасувального станка за зміну визначається відповідно до показника продуктивності роботи станка згідно формули 1.

Відсоток премії розраховується за формулою з використанням показників вказаних в таблиці вище:

$$P_{\text{премія \%}} = \frac{\text{продуктивність лінії за зміну} - \text{мін значення продуктивності}}{\text{кількість} \frac{\text{штук}}{\text{годину}} \text{ для 1\% премії}} \quad (2.5)$$

Приклад розрахунку: $\text{премія, \%} = \frac{4200 \frac{\text{шт}}{\text{год}} - 4000 \frac{\text{шт}}{\text{год}}}{4 \frac{\text{штуки}}{\text{годину}}} = 50\% \quad (2.6)$

При цьому розрахунок проводиться за кожним окремим продуктом, який виготовлявся на фасувальній лінії із визначенням його частки в загальному розмірі премії:

$$W = \frac{\text{кількість окремого продукту, шт}}{\text{загальна кількість розфасованої продукції, шт}} \quad (2.7)$$

Таким чином розрахунок кінцевого показника кількості преміальної частини за зміну проводиться за формулою:

$$\Sigma P_{\text{премія, \%}} = (P_{1, \%} \cdot W_1) + (P_{2, \%} \cdot W_2) + \dots + (P_{n, \%} \cdot W_n) \quad (2.8)$$

Наприклад, $\Sigma P_{\text{премія, \%}} = (75\% \cdot 0,27) + (43\% \cdot 0,33) + (56\% \cdot 0,4) = 56,84\%$

2.2. Преміальна частина укладальника-пакувальника фасувального станка за зміну також визначається відповідно до показника продуктивності роботи станка згідно формули 1, а її розмір визначатиметься формулою 2. Якщо ж працівник впродовж зміни працював на декількох фасувальних лініях тоді його премія буде пропорційна вкладу часу роботи на кожній лінії, цей показник встановлюється згідно формули:

$$W = \frac{\text{час роботи на одній лінії, год}}{\text{загальний час роботи на дільниці, год}} \quad (2.9)$$

Використовуючи формулу 5, розраховується премія працівника за всю зміну.

2.3. Порядок розрахунку премії працівникам інших професій, таких як змінний бригадир, налагоджувальник устаткування у виробництві харчової продукції, старший оператор лінії у виробництві харчової продукції, робітник з обслуговування устаткування лінії розливу молочної продукції, водій електровізка, комірник здійснюється шляхом усереднення розміру премії операторів фасувальних станків за місяць згідно формули:

$$P_{, \%} = \frac{\Sigma P_{, \% \text{ операторів}}}{n_{\text{кількість операторів}}} \quad (2.10)$$

3. Окрім преміальної частини, КРІ повинно містити положення про депреміювання:

3.1. При наявності скарги на зовнішній вигляд фасованої продукції чи її безпечність від складу готової продукції чи торгівлі премія не нараховується по партії продукції, на яку отримано скаргу;

Такий алгоритм розрахунку КРІ дозволяє також ефективно оцінювати роботу як самого фасувального станка – його технічне забезпечення, так і працівників на дільниці, а встановлення «опорних точок», наприклад, базовий показник – від 0 до 39%, норма – від 40% до 79%, мета – від 80% до 100%, дозволить оперативніше проводити аналіз. Також встановлення простих вимірних значень цілей допомагають працівникам розуміти, яких саме результатів від них очікують.

Окрім цього, впровадження КРІ такого типу є хорошим інструментом для аналізу можливостей випуску продукції компанією, адже при збільшенні асортиментного ряду чи при зростанні кількості замовлень перед підприємством постає питання щодо напрямку перебудови виробничих ліній. Маючи цифрові дані про ефективність роботи машини та, відповідно, спроможність працівників дільниці виконати роботу буде обраний інтенсивний або екстенсивний шлях розвитку [136].

Ще одними важливими наслідками впровадження КРІ такого типу будуть:

- формування згуртованості колективу;
- розвиток лідерських якостей оператора фасувального станка;
- самоаналіз своєї роботи кожним працівником;
- аналіз та, за потреби, корегування роботи інших працівників зміни;
- дисциплінованість в роботі;
- створення і удосконалення алгоритму дій кожного працівника на дільниці;

Висновки до розділу 2

1. В умовах трансформації ринкових відносин змінюються і теорії, що визначають закони формування ефективної, мотивованої команди, яка забезпечує конкурентоспроможність підприємств на національному та світовому ринку. З огляду на те, що компанії все більше зміщують акцент в сторону екстенсивного розвитку, що передбачає збільшення ефективності роботи без змін у штаті працівників, одним з методів досягнення цієї цілі для управлінців є створення в компанії робочої атмосфери, яку сприймають всі співробітники і яка забезпечить мотивуючий елемент у роботі працівників.

2. Діагностика корпоративної культури дозволяє класифікувати рівень трудових відносин, що склалися в різних структурних підрозділах і в організації в цілому. Розуміючи, в якому полі працює організація, можна вибудувати в кожному структурному підрозділі відповідну його завданням політику управління персоналом або провести корекцію корпоративної культури.

3. На сьогодні використання новітніх ІТ технологій в освітніх цілях на молокопереробних підприємствах знаходиться на низькому рівні, що підтверджено результатами вивчення мотивів управлінців одного з молокопереробних підприємств західного регіону. Методологія аналізу на основі концепції ТАМ і аналіз даних за допомогою підходу моделювання структурних рівнянь (SEM) дозволив встановити низький рівень довіри до ефективності використання комп'ютерних технологій під час проведення корпоративного навчання, а показник внутрішньої мотивації був найнижчим зі всіх значень.

4. Для перевірки мотиваційного аспекту використано моделювання множинних причин (MIMIC), щоб оцінити, чи є корелятивні зв'язки у внутрішній мотивації респондентів з їх віком та рівнем освіти. Отримані дані підтверджують гіпотезу про вплив внутрішньої мотивації на досліджувані змінні, при цьому, найвищий коефіцієнт встановлено для фактора «ставлення до використання комп'ютера» – 0,703. Це значення є важливими для розуміння усіх результатів проведеного дослідження, адже від внутрішнього ставлення до новітніх технологій залежатиме їх застосування у навчальному процесі.

5. Реалізація моделі оцінки CIRP для програми підвищення кваліфікації операторів фасувальних станків дільниці фасування рідких продуктів молокопереробного підприємства дозволила кількісно охарактеризувати навчальний процес. Так контекстний компонент моделі дозволив оцінити зручність програми підвищення кваліфікації, її збалансованість щодо теоретичної та практичної ін-

формації, наявність точних оцифрованих даних, за допомогою яких можна оцінити якість роботи станка, відповідність сформованих роздаткових матеріалів рівню підготовки операторів дільниці і загальне розуміння необхідності такого навчання. За допомогою компоненту СІРР «вхід» оцінено достатність та якість використаних візуальних та письмових матеріалів у навчальній програмі, позитивний вплив дидактичних матеріалів на рівень засвоєних знань працівниками виробничої дільниці. У компонент СІРР моделі «процес» вкладалася необхідність вирішення таких питань, як: наявність достатньої кількості практичних занять для формування необхідних навичок, необхідність відвідування навчання в аудиторній формі чи заміни її на індивідуальний підхід, необхідність впровадження проміжних тестувань для моніторингу рівня засвоєння необхідних знань, відповідний рівень підготовленості викладачів для якісної реалізації цієї навчальної програми, реалізація викладачем індивідуального підходу в навчальному процесі. За допомогою останнього компоненту моделі «продукт» отримано відповіді на такі питання, як задоволення індивідуальних потреб та інтересів учасників навчального процесу, наявність мотиваційного елементу в навчальному процесі, суб'єктивна оцінка операторів дільниці щодо необхідності навчання подібного штибу, формування звички до саморозвитку, навчання в групах, достатність навчального матеріалу для формування необхідних практичних навичок. Таким чином, результати цього дослідження можуть бути використані як ефективний інструмент для оцінки навчальної програми на будь-якому етапі педагогічного процесу, що відкриває нові перспективи у сфері оцінки навчальних програм корпоративного навчання.

6. Запропонований алгоритм розрахунку КРІ дозволяє ефективно оцінювати роботу як самого фасувального станка – його технічне забезпечення, так і працівників на дільниці, а встановлення «опорних точок», наприклад, базовий показник – від 0 до 39%, норма – від 40% до 79%, мета – від 80% до 100%, дозволить оперативніше проводити аналіз. Також встановлення простих вимірних значень цілей допомагають працівникам розуміти, яких саме результатів від них очікують. Окрім цього, впровадження КРІ такого типу є хорошим інструментом для аналізу можливостей випуску продукції компанією, адже при збільшенні асортиментного ряду чи при зростанні кількості замовлень перед підприємством постане питання щодо напрямку перебудови виробничих ліній. Маючи цифрові дані про ефективність роботи машини та, відповідно, спроможність працівників дільниці виконати роботу буде обраний інтенсивний або екстенсивний шлях розвитку.

Літэратура:

1. Алексеева Т. Н. Оценка эффективности организационного обучения на основе компетентностного подхода. Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2007. Т. 7. Вып. 2. С. 153–157.
2. Асаул А. Н., Ерофеев П. Ю., Ерофеев М. П. Культура организации: проблемы формирования и управления. СПб.: Гуманистика, 2006. 201 с.
3. Базаров Т. Ю. Организационная культура и лояльность. Управление корпоративной культурой. 2013. № 01(17). С. 32–43.
4. Белоусова М. Ю. Структура корпоративной культуры в системе ее управления. Культура: управление, экономика, право. 2004. № 4. С. 40–43.
5. Бернарц А. Пять советов ИТ-директору по формированию команды. Директор информационной службы. 2015. № 05. С. 18–23.
6. Борщева Ю. А. Инвестиции в обучение персонала в структуре человеческого капитала: теоретический аспект. Вестник ПАГС. 2011. № 28. С. 166–171.
7. Василенко С. В. Корпоративная культура как инструмент эффективного управления персоналом. М.: Дашков и К, 2013. 280 с.
8. Вахрушина М. А. Бухгалтерский управленческий учет : учеб. для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям. М.: Омега-Л, 2010. 570 с.
9. Виханский О. С., Наумов А. И. Менеджмент. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Экономистъ. 2006. 420 с.
10. Врум В. Теория ожиданий. М.: Дело. 2001. 467 с.
11. Гаррисон Р. Норин Э., Брюэр П. Управленческий учет / Пер. с англ. под ред. Карлика М. А. СПб.: Питер, 2010. 592 с.
12. Герчиков, В.И. Типологическая концепция трудовой мотивации. Мотивация и оплата труда. 2005. № 2. С. 53–62.
13. Даневич Н. В. Поддержка конкурентоспособности работников предприятий на основе активного взаимодействия социальных партнеров. Азимут научных исследований: экономика и управление. 2014. № 3. С. 24–27.
14. Демин Д. Корпоративная культура. 10 самых распространенных заблуждений. М.: Альпина Паблишер. 2010. 144 с.
15. Экономическая теория / Добрынина А. И. и др. СПб.: СПбГУЭФ, ПИТЕР, 2003. 544 с.
16. Евстигнеев И. С. Эффективность корпоративной культуры: методы анализа и проектирования: автореф. дис. ... кандидата. Экономических наук. Санкт-Петербург. 2005. 20 с.
17. Зарыгин В. А. Формирование профессиональной компетентности специалиста в системе корпоративного обучения: Дис. ... канд. пед. наук. М., 2011. 231 с.
18. Зимина Е. Ю. Типологические модели внутрифирменного профессионального образования: управленческий аспект: Дис. ... канд. социол. наук. Новосибирск, 2009. 167 с.
19. Иванова Т. Б., Журавлёва Е. А. Корпоративная культура и эффективность предприятия: Монография. М.: РУДН, 2011. 152 с.
20. Ильина О. С. Корпоративная культура как стратегический элемент управления современной организацией: автореф. дис. ... канд. соц. наук. Тюмень. 2007. 27 с.
21. Каганов В. Ш. Корпоративное обучение как фактор обеспечения конкурентоспособности российских предпринимательских структур: автореф. дис. ... докт. экон. дис. Москва. 2012. 28 с.
22. Калюжнов Н. В. Корпоративная культура как фактор повышения конкурентоспособности организации: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Иркутск. 2007. 25 с.
23. Камерон К., Куинн Р. Диагностика и изменение организационной культуры. СПб: Питер, 2005. 320 с.

24. Капитонов Э. А., Капитонов А. Э. Корпоративная культура и PR. М.: ИКЦ «МарТ». 2014. 346 с.
25. Киселев К. М. Корпоративное управление как фактор повышения качества управления организацией: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Москва. 2010. 27 с.
26. Корпоративная культура: теория и практика / Капитонов Э. А. и др.. М.: Альфа-Пресс, 2005. 352 с.
27. Корчагин Е. А., Сафин Р. С., Туюшева А. И. Внутрифирменное обучение персонала как производственно-педагогический процесс. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: психолого-педагогические науки. 2016. № 3. С. 40–53.
28. Коул Д. Управление менеджментом в современных организациях. М.: ООО «Вершина», 2004. 352 с.
29. Ладанов И. К. Социокультура организаци. Управление персоналом. 2015. № 5. С. 27–30.
30. Ларичева Е. А. Сравнительный анализ корпоративной, инновационной культуры и культуры производства. Менеджмент в России и за рубежом. 2004. № 5. С. 25–32.
31. Лейкина Я. В. Архитектура корпоративной культуры. Управление корпоративной культурой. 2009. № 4. С. 258–265.
32. Ливингстон Дж. Стерлинг. «Эффект Пигмалиона» в сфере управления. М.: Альпина Бизнес Букс, 2014, С. 55–81.
33. Лисенков Д. Н. Проблемы оценки результативности внутрифирменного обучения. Экономика и управление: анализ тенденций и перспективы развития. 2014. № 15. С. 64–70.
34. Лукьянова Н. И. Оценка эффективности систем корпоративного обучения. Вестник Университета № 8, 2014. С. 192–197.
35. Магура М. Организационная культура. Управление персоналом. 2002. № 1. С.24–28.
36. Маслоу А. Теория человеческой мотивации. СПб.: Евразия, 2009. С. 77–105.
37. Матрусова Т. Н. Внутрифирменная подготовка кадров в Японии. Проблемы теории и практики управления. 1994. № 5. С. 69–73.
38. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело. 2000. – 650 с.
39. Минзов А. С. Высшее профессиональное и корпоративное образование: парадигма взаимного влияния: Пособие для профессорско-преподавательского состава / под ред. Л. М. Кунбутаева. М.: Издат. дом МЭИ, 2008. 146 с.
40. Митин А. Н. Преимущества корпоративной культуры. Бизнес. Менеджмент. Право. 2007. № 1. С. 5–12.
41. Миша В. П. Кадрова політика на підприємстві: проблеми і перспективи. Актуальні проблеми економіки. 2008. № 6. С.165–168.
42. Могутнова Н. Н. Первые шаги. Корпоративная культура: понятие, подходы. Социологические исследования. 2005. № 4. 136 с.
43. Морозов И. О., Логинова А. Ю. Оценка эффективности обучения в организации: роль системы обучения в организации, модели оценки эффективности обучения, инструменты и методики оценки, применение результатов оценки на практике. Москва: Академия АйТи, 2006. 271 с.
44. Мыльникова С. А. Корпоративное обучение как способ организации повышения квалификации профессорско-преподавательского состава в условиях интеграционных процессов в образовании: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2009. 200 с.
45. Мычка С. Ю. Проблемы экономики труда и управления персоналом. Перспективы инновационного развития современного мирового сообщества: экономико-правовые и социальные аспекты: Материалы Международной юбилейной научно-практической конференции ВЭПИ-ВГЛТА-2012: в

- 5-ти томах. / Главный редактор Иголкин С. Л., ответственный редактор Безрукова Т. Л., Ахмедова А. Э. 2012. С. 158–160.
46. Нападковська Л. В. Управлінський облік: підруч. для вузів. 2-ге вид., доопрац. та допов. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2010. 648 с.
47. Овчинников М. А. Корпоративная культура в системе социального управления: автореферат дис. ... кандидата социологических наук. М., 2004. 23 с.
48. Организационная культура в системе управления персоналом / Назаренко М. А. и др. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013. № 7. С.153–161.
49. Орлов Е. С. Планирование корпоративной культуры. Управление развитием персонала. 2008. № 4. С. 332–337.
50. Первакова Е. О механизмах воздействия корпоративной культуры на эффективность и производительность труда. *Управление корпоративной культурой*. 2012. № 3. С. 52–56.
51. Персикова Т. Н. Межкультурная коммуникация и корпоративная культура. М.: Логос, 2004. 224 с.
52. Петряков П. А., Певзнер М. Н. Корпоративное обучение персонала как стратегия развития организации. *Человек и образование*. 2009. № 3(20). С. 16–20.
53. Роббинс С. Основы организационного поведения. М.: Вильямс, 2006. 448 с.
54. Рычкова А. А. Региональные аспекты формирования современной корпоративной культуры. Автореф. дис. ... канд. культурологии. Нижневартковск, 2011. 26 с.
55. Спивак В. А. Корпоративная культура. СПб.: Изд-во: Питер, 2011. 286 с.
56. Стоянова В. А. Оценка влияния организационной культуры предприятия на эффективность производственной деятельности. *Менеджмент в России и за рубежом*. 2005. № 1. С. 3–9.
57. Стрельников А. В. Формы корпоративного обучения как элемента системы непрерывного обучения персонала. *Сервис в России и за рубежом*. Черкизово: Изд-во Рос. гос. ун-т туризма и сервиса, 2011. Т. 2. С. 104–110.
58. Тюнников Ю., Мазниченко М. Корпоративная культура как фактор конкурентоспособности вуза. *Высшее образование в России*. 2005. № 10. С. 69–77.
59. *Управление персоналом: учеб. для вузов / под ред. Базарова Т. Ю., Еремина Б. Л. М.: ЮНИТИ, 2002. 560 с.*
60. Шаталов М. А., Мешкова Т. Р. Учет и анализ использования трудовых ресурсов в системе менеджмента организации. *Территория науки*. № 3. 2014. С. 84–91.
61. Шейн Э. Х. Организационная культура и лидерство. СПб: Питер. 2002. 336 с.
62. Юрасов И. Корпоративная культура на местах. *Журнал управления компанией*. 2006. № 5. С. 51–55.
63. Abdullah F., Ward R. Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors. *Computers in Human Behavior*, 2016. Vol. 56. 238–256.
64. Adams J. Stacey Toward an understanding of inequity. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 2013. Vol. 67. P. 422–436.
65. Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 1991. Vol. 50(2). P. 179–211.
66. Ambient Insight. The 2013–2018 Worldwide Self-paced eLearning Market. 2014. URL: <http://www.ambientinsight.com/Reports/eLearning.aspx>.
67. Anderson R. Implications of the information and knowledge society for education. / Eds. Voogt J., Knezek G.. *International handbook of information technology in primary and secondary education*. NewYork: Springer. 1999. p. 5–22.

68. Andrews D. H., Goodson L. A. A comparative analysis of models of instructional design. *Journal of Instructional Development*. 1980. Vol. 3(4). P. 2–16.
69. Bailey T. Jobs of the future and the education they will require: Evidence from occupational forecasts. *Educational Researcher*. 1991. Vol. 20(2). P. 11–20.
70. KPIs as the interface between scheduling and control / Bauer M. et al. *IFAC-PapersOnLine*. 2016. Vol. 49-7. P. 687–692.
71. Bayram N. Sosyal bilimlerde SPSS ile veri analizi. Bursa: Ezgi Kitabevi. 2004. 268 p.
72. Berrett B., Murphy J., Sullivan J. Administrator insights and reflections: Technology integration in schools. *The Qualitative Report*. 2012. Vol. 17(1). P. 200–221.
73. Critical Success Factors for e-Learning in Developing Countries: A Comparative Analysis Between ICT Experts and Faculty / Bhuasiri W. et al. *Computers & Education*. 2012. Vol. 58 (2). P. 843–855.
74. Technology integration / Eds. Spector J.M., Merrill D., Elen J., Bishop M. J.. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology (4 ed.,)*. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2008. P. 817–818.
75. Braz F. R., Scavarda L. F., Martins R. A. Reviewing and Improving Performance Measurement Systems: An Action Research. *International Journal of Production Economics*. 2011. Vol. 133(2). P. 751–760.
76. Brinkerhoff R. O., Gill S. J. Managing the total quality of training. *Human Resource Development Quarterly*. 1992. Vol. 3(2). P. 121–131.
77. Brown T. Confirmatory factor analysis for applied research. New York, NY: Guildford Press. 2006. 380 p.
78. BSI. EN 13306:2017 – Maintenance – Maintenance terminology. 31.01.2018. 98 p
79. Burton-Jones A., Hubona G. S. The mediation of external variables in the technology acceptance model. *Information & Management*. 2006. Vol. 43(6). P. 706–717.
80. Josias C., Terpenney J. P., Mclean K. J. Component Obsolescence Risk Assessment. Electro-optical. *International electronics recycling congress*. 2004. URL: <http://escml.umd.edu/ObsSGER/IERC2004-Josias-Terpenney-McLean-376.pdf>.
81. Chen H. «Linking Employees» E-learning System Use to Their Overall Job Outcomes: An Empirical Study Based on the IS Success Model, *Computers & Education*. 2010. Vol. 55 (4). P. 1628–1639.
82. Cheung E. Y. M., Sachs J. Test of the Technology Acceptance Model for a Web-Based Information System in a Hong Kong Chinese Sample. *Psychological Reports*. 2006. Vol. 99(3). P. 691–703.
83. Clark R. E. *The contributions of cognitive psychology: The designe technology supported powerful learning environments*. Los Angeles. CA: University of Southern California. 1990. 12 p.
84. Compeau D. R., Higgins C. A. Computer self-efficacy: development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*. 1995. Vol. 19(2). P. 189–211.
85. Davis F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*. 1989. Vol. 13(3). P. 319–340.
86. Ford D. J. Benchnarking HRD. *Training and Development Journal*. 1993. Vol. 47(6). 39 p.
87. Eldridge J., Crombie A. *A sociology of organization*. London: Allen&Unwin. 1974. 230 p.
88. Elen J. *A methodology for I.D.-research exemplified*. Leuven: Leuven University Press. 1995. 274 p.
89. Endrass F. Performance measurement using shop floor data – Integrating information to enhance performance of manufacturing operations management. Master's thesis. KTH Industrial Engineering and Management. 2013. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:666022/FULLTEXT01.pdf>.

90. Rojo F. J. R., Roy R., Kelly S. *Obsolescence Risk Assessment Process Best Practice*. *Journal of physics: conference series*. 2012. Series 364. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/364/1/012095>.
91. Fishbein M. *A theory of reasoned action: Some applications and implications*. *Nebraska Symposium on Motivation*. 1979. Vol. 27. P. 65–116.
92. Fishbein M., Ajzen I. *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. MA: Addison-Wesley. 1975. 573 p.
93. Fukuda Y., Patzke R. *Standardization of Key Performance Indicator for Manufacturing Execution System*. *SICE Annual Conference*. 2010. P. 263–265.
94. Gaane R. M., Briaas L. J., Waer W. W. *Principles of instructional design (4rd ed.)*. Orlando: Harcourt Brace Jovanovich. 1992. 392 p.
95. Gauthier F. M. *Personnel job involvement and organizational climate affect transfer of acquisition* / Ed. Mulder M. *Training in business and industry. Selected research papers*. Enschede: University of Twente. 1995. P. 113–131.
96. Gery G. J. *Training vs. performance support: Inadequate training is now insufficient*. *Performance Improvement Quarterly*. 1989. Vol. 2(3). P. 51–71.
97. Gold K. *Managing for Success: A comparison of the private and public sectors*. *Public Administration Review*. 1982. Nov.-Dec. P. 128.
98. Grichi Y., Beauregard Y., Dao T. M. *Random Forest Method for Obsolescence Forecasting*. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. 2017. P. 1602–1606.
99. Hinrichs J. *Personnel training* / Ed. Dunnette M. D. *Handbook of organizational and industry psychology*. Chicago: Rand McNally. 1976. P. 861–888.
100. Hoyle R. H. *Structural equation modeling for social and personality psychology*. London: Sage. 2011. 120 p.
101. Hsiao C. H., Yang C. *The intellectual development of the technology acceptance model: A co-citation analysis*. *International Journal of Information Management*. 2011. Vol. 31(2). P. 128–136.
102. Hwang G., Lee J., Chang J. P.-W. *Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment*. *International Journal of Production Research*. 2016. Vol. 55. P. 2590–2602.
103. Jaques E. *The changing culture of a factory*. New York: Psychology Press. 2001. 341 p.
104. Jöreskog K. G., Sörbom D. *LISREL 8: User's reference guide*. Chicago, IL: Scientific Software International. 1996. 378 p.
105. Joreskog K., Goldberger S. *Estimation of a model with multiple indicators and multiple causes of a single latent variable*. *Journal of American Statistical Association*. 1975. Vol. 70, P. 631–639.
106. Kamsurya R. *Learning evaluation of mathematics during the pandemic period COVID-19 in jakarta*. *International Journal of Pedagogical Development and Lifelong Learning*. 2020. Vol. 1(2). P. 1–5.
107. Kang N., Zhao C., Li J., Horst J. A. *A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production system*. *International Journal of Production Research*. 2016. Vol. 54(21). P. 6333–6350.
108. Karatas H.F.S. *CIPP evaluation model scale: development, reliability and validity*. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2011. Vol. 15. P. 592–599.
109. King W.R., He J. *A meta-analysis of the technology acceptance model*. *Information & Management*. 2006. Vol. 43(6). P. 740–755.
110. Kirmizi Ö. *Measuring Technology Acceptance Level of Turkish Pre-Service English Teachers by Using Technology Acceptance Model*. *Educational Research and Reviews*. 2014. Vol. 9(23). P. 1323–1333.
111. Kline R. B. *Principles and practice of structural equation modeling (4rd ed.)*. New York, NY: Guilford Press. 2016. 534 p.
112. Lindberg C.-F., Tan S., Yan J., Starfelt, F. *Key performance indicators improve industrial performance*. *Energy Procedia*. 2015. Vol. 75. P. 1785–1790.

113. Lippe M., Carter P. Using the CIPP model to assess nursing education program quality and merit. *Teaching and Learning in Nursing*. 2018. Vol. 13(1). P. 9–13.
114. Lohman C. F. Designing a performance measurement system design: a case study. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 156(2). P. 267–286.
115. Lowyck J., Elen J. Transitions in the theoretical foundation of instructional design / Eds. Duffy T., Lowyck J., Jonassen D. *Designing environments for constructive learning*. Heidelberg: Springer. 1993. P. 213–229.
116. Lucas H. *Information Technology for Management*. 2009. 752 p. URL: http://www.bigbook.or.kr/bbs/data/file/bo01/1535291005_ujG29RvN_Information_Technology_for_Management_Henry_Lucas.pdf.
117. *Handbook of Maintenance Management and Engineering* / Ben-Daya M. et al. London: Springer. 2009. 741 p.
118. Marangunić N., Granić A. Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013. *Universal Access in the Information Society*. 2015. Vol. 14(1). P. 81–95.
119. Cost reduction and quality improvements in the printing industry / Moreira A. et al. *Procedia Manuf.* 2018. Vol. 17. P. 623–630.
120. Murthy D. N. P., Karim M. R., Ahmadi A. Data management in maintenance outsourcing. *Reliability engineering and system safety*. 2015. Vol. 142. P. 100–110.
121. Mwanza B. G., Mbohwa C. Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. *Procedia manufacturing*. 2015. Vol. 4. P. 461–470.
122. Neely A. G., Gregory M., Platts K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. *International Journal of Operations and Production Management*. 2005. Vol. 25(12). P. 1228–1263. URL: <https://courses.ie.bilkent.edu.tr/ie102/wp-content/uploads/sites/11/2017/02/Neely-et-al-2005.pdf>.
123. Nistor N., Heymann J. O. Reconsidering the role of attitude in the TAM: An answer to Teo (2009). *British Journal of Educational Technology*. 2010. Vol. 41(6). P. 142–145.
124. Offerman K. R., Gowing M. K. Organizations of the future: Changes and challenges. *American Psychologist*. Vol. 45(2). 1990. P. 95–108.
125. Ouchi W. *Theory "Z": How American business can meet the Japanese challenge*. London: Addison-Wesley. 1981. P. 83.
126. Parmenter D. *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. NY: Wiley. 2007. 448 p.
127. Teachers acceptance and use of an educational portal / Pynoo B. et al. *Computers & Education*. 2012. Vol. 58(4). P. 1308–1317.
128. Rodriguez B. C. P., Armellini A. Interaction and Effectiveness of Corporate ELearning Programmes. *Human Resource Development International*. 2013. Vol. 16(4). P. 480–489.
129. Romeo G., Lloyd M., Downes T. Teaching teachers for the future: How, what, why, and what next? *Australian Educational Computing*. 2013. Vol. 27(3). P. 3–12.
130. Scherer R., Siddiq F., Tondeur J. The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers adoption of digital technology in education. *Computers & Education*. 2019. Vol. 128. P. 13–35.
131. Santos H., Pereira M. T., Silva F. J. G., Ferreira L. P. Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia manufacturing*. 2018. Vol. 17. P. 631–639.
132. Schepers J., Wetzels M. A meta-analysis of the technology acceptance model: Investigating subjective norm and moderation effects. *Information & Management*. 2007. Vol. 44(1). P. 90–103.

133. Scherer R., Siddiq F., Teo T. *Becoming more specific: Measuring and modeling teachers' perceived usefulness of ICT in the context of teaching and learning*. *Computers & Education*. 2015. Vol. 88. P. 202–214.
134. Schmidt B., Wang L., Schmidt B., Wang L. *Predictive Maintenance of Machine Tool Linear Axes. A Case from Manufacturing Industry*. *Procedia manufacturing*. 2018. Vol. 17. P. 118–125.
135. Schumacker R. E., Lomax R. G. *A beginner's guide to structural equation modeling (3rd ed.)*. New York: Routledge. 2010. 536 p.
136. Setijono D., Dahlgard J. J. *Customer value as a key performance indicator (KPI) and a key improvement indicator (KII)*. *Measuring Business Excellence*. 2007. Vol. 11 No. 2. P. 44–61.
137. Simon H. A. *The sciences of the artificial*. London. Cambridge: MIT Press. 1974. 231 p. URL: https://monoskop.org/images/9/9c/Simon_Herbert_A_The_Sciences_of_the_Artificial_3rd_ed.pdf.
138. Srinivasan R., Lilien G. L., Rangaswamy A. *Technological opportunism and radical technology adoption: An application to e-business*. *J. Mark.* 2002. Vol. 66. P. 47–60.
139. Stufflebeam D. L. *The CIPP model for evaluation*. In: *The international handbook of educational evaluation*. New York: Kluwer Academic Publishers. 2003. P. 34.
140. Taherdoost H. *A review of technology acceptance and adoption models and theories*. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 22. P. 960–967.
141. Tannenbaum S. I., Yukl G. *Training and development in work organizations*. *Annual Review of Psychology*. 1992. Vol. 43. P. 339–441.
142. Taylor S., Todd P. A. *Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models*. *Information Systems Research*. 1995. Vol. 6(2). P. 144–176.
143. Teo T., Lee C. B., Chai C. S., Wong S. L. *Assessing the intention to use technology among pre-service teachers in Singapore and Malaysia: A multigroup invariance analysis of the Technology Acceptance Model (TAM)*. *Computers & Education*. 2009. Vol. 53(3). P. 1000–1009.
144. Venkatesh V., Morris M. G., Davis G. B., Davis F. D. *User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View*. *MIS Quarterly*. 2003. Vol. 27(3). P. 425–478.
145. Wang Y., Wang H., Shee D. Y. *Measuring E-Learning Systems Success in an Organizational Context: Scale Development and Validation*. *Computers in Human Behavior*. 2007. Vol. 23(4). P. 1792–1808.
146. Weber A. *Key Performance Indicators (KPI), Measuring and Managing the Maintenance Function*. Burlington: Ivara Corporation. 2005. 16 p. URL: <https://www.plant-maintenance.com/articles/KPIs.pdf>.
147. Williams M. D., Rana N. P., Dwivedi Y. K. *The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): a literature review*. *Journal of Enterprise Information Management*. 2015. Vol. 28(3). P. 443–488.
148. Wilson B. G., Jonassen D. H. *Automated instructional systems design: A review of prototype systems* *Journal of Artificial Intelligence in Education*. 1991. Vol. 2(2). P. 17–30.
149. Winn W. *Toward a rationale and theoretical basis for educational technology*. *Educational Technology Research and Development*. 1989. Vol. 37(1). P. 35–46.
150. Worthen B. *Program evaluation*. In: *The international encyclopedia of educational evaluation (Eds. Walberg H., Haertel G.)*. NY: Pergamon Press. 1990. P. 42–47.
151. Zhang L., Zhu J., Liu Q. *A meta-analysis of mobile commerce adoption and the moderating effect of culture*. *Computers in Human Behavior*. 2012. Vol. 28(5). P. 1902–1911.

РОЗДІЛ ІІІ.

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Щодня у виробничих лабораторіях молокопереробних підприємств по всьому світу проводяться мільйони аналітичних визначень. Ці вимірювання необхідні для оцінки якості та безпеки як вхідної молочної сировини, так і готової продукції заводу. Всі ці аналізи та отримані результати так чи інакше підтримуються в аналітичній площині вимірювання. Вартість цих вимірювань висока, але ціна рішень, прийнятих на основі неправильних результатів, набагато більша. Наприклад, тест, який помилково показує наявність заборонених згідно ДСТУ 3662:2018 речовин в молочній сировині, може зумовити матеріальні втрати молокопереробного підприємства або розривання контракту постачальником сировини з підприємством. Не менших втрат завдадуть компанії недостовірні дослідження однієї з державних лабораторії, які можуть отримати статистично недостовірну інформацію, яка при повторному дослідженні не буде підтверджена, тим не менш негативно позначиться на репутації, особливо в очах споживачів. Таким чином, важливість надання статистично достовірного результату очевидна, але не менш важливо мати можливість довести, що результат правильний.

Після того, як аналітична проблема поставлена перед лабораторією та обрано аналітичний метод, наступним кроком є внутрішня перевірка методу. Це процес визначення аналітичних вимог для вирішення проблеми та підтвердження того, що розглянутий метод має характеристики, що відповідають необхідним. Результати валідаційних експериментів повинні бути оцінені, щоб переконатися, що метод відповідає вимогам вимірювання.

Після аналізу доступних методів для вирішення поставленого аналітичного завдання, необхідно обрати один для апробації, для цього необхідно оцінити його експлуатаційні характеристики та визначити фактори, які можуть змінити ці характеристики, а також встановити межі можливих змін. Якщо обраний метод не є селективним, необхідно встановити його граничну чутливість і, відповідно, порівняти її з кількісними значеннями, які необхідно буде встановити. Цей процес оцінки називається валідацією методу. Він передбачає визначення ряду параметрів, які характеризують ефективність методу:

- межа чутливості методу;
- селективність методу;
- достовірність отриманих показників.

Здійснивши валідацію методу та підтвердивши його придатність, отримаємо результати цього аналітичного вимірювання (x), що складатимуться з трьох основних показників: істинне значення параметра (μ), систематична помилка методу (Δ) і випадкова помилка дослідника (ε). Останній компонент може входити у рівняння 3.1, якщо набуває позитивного чи негативного значення, а може не враховуватися, якщо дорівнюватиме нулю.

$$x = \mu + \Delta + \varepsilon \quad (3.1)$$

Усі можливі вимірювання, які може забезпечити метод під час аналізу вибірки, складають сукупність вимірювань. Для забезпечення подальшого розуміння необхідно припустити, що здійснено нескінченно велику кількість досліджень, а метод аналізу при цьому залишається незмінним. За цих умов модель аналітичного методу згідно рівняння (3.1) є випадковою величиною x , з математичним очікуванням $\mu + \Delta$ і дисперсією, що дорівнює дисперсії ε [57].

3.1. Елементи статистичного аналізу результатів лабораторних досліджень

Інтервали. Будь-яку випадкову величину, отриману в наслідок дослідження цим методом, а отже, і сам метод, можна описати функцією розподілу:

$$F_x(\chi) = pr \{X \leq \chi\} \quad (3.2)$$

У більшості випадків у функцію $F_X(x)$ апріорі закладається її диференційованість, що передбачає те, що вона є функцією густини або щільності ймовірності (pdf) $f_X(x)$. Таким чином, будь-яка функція f_X має додатне значення ($f_X \geq 0$), а площа під цією функцією дорівнюватиме 1. Розрахувати ймовірність того, що випадкова величина x прийме значення в інтервалі $[a, b]$, що і є площею (pdf) можна за формулою:

$$pr\{X \in [a, b]\} = \int_a^b f(x) dx \quad (3.3)$$

середнє значення та дисперсію можна виразити такими двома рівняннями:

$$E(X) = \int_R x f(x) dx \quad (3.4)$$

$$V(X) = \int_R (x - E(X))^2 f(x) dx \quad (3.5)$$

Таким чином, середнє значення та дисперсія випадкової величини дають дуже обмежену інформацію про значення, які надає випадкова величина, якщо немає додаткової інформації про форму її щільності (pdf). Наприклад, якщо відомо, що розподіл є рівномірним або симетричним трикутним або нормальним, випадкова величина повністю характеризується своїм середнім значенням і дисперсією.

На практиці «pdf метод» аналізу отриманих результатів не застосовується, бо працівник лабораторії має лише скінченну кількість вимірювань, яка характеризується показником n . Він вказує на те, що ці результати отримані при повторному застосуванні одного і того ж методу до однієї і тієї ж вибірки, відповідно n разів. Ці n вимірювань становлять статистичну вибірку випадкової величини X , встановленої методом аналізу. Таким чином, рівняння 3.4 та 3.5 набудуть такого вигляду:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.6)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.7)$$

Таким чином, показники середнього значення та дисперсії дозволяють охарактеризувати як досліджуваний зразок, так і методику згідно формули (1) $\varepsilon = x - \mu - \Delta$. Випадкова помилка кожного методу є однією з його характеристик і визначає його

ефективність у дослідженні показника [25]. Незважаючи на те, що s^2 для кожного методу, який внесений до переліку Міжнародної організації зі стандартизації вже встановлена випадкова помилка, вона повинна бути повторно оцінена в лабораторії підприємства при валідації методу. Так, організація ISO стверджує, що метод для якого встановлено менше значення дисперсії характеризується ближчою істинністю значень, а отже, отримані показники будуть достовірніші, порівняно зі значеннями, отриманими за допомогою іншого методу. Окрім цього, у стандарті ISO 17025 зазначено, що арбітражна лабораторія повинна користуватися сертифікованими зразками, які дозволять встановити достовірне значення дисперсії даного методу у окремо взятій лабораторії.

Описані вище поняття, ймовірно, мають більшу вагу для виробничих лабораторій, у порівнянні з арбітражними науково-дослідними лабораторіями. Яскравим прикладом цього є дослідження вмісту жиру в молочній сировині за допомогою різних методів. Для цього порівнюємо результати дослідження контрольного взірця молока незбираного, масова частка ліпідів в якому встановлена за допомогою методу екстракції, з даними, отриманими інфрачервоною спектроскопією (на приладі MilkoScan FT2), методом Гербера згідно ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира» та ДСТУ ISO 11870:2007 «Молоко і молочні продукти. Визначення масової частки жиру. Загальні рекомендації щодо використання методів із застосуванням жиромірів» (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Результати дослідження контрольного взірця молока незбираного

Показник	ІЧ спектроскопія	ГОСТ 5867-90	ДСТУ ISO 11870:2007
x	3,70	3,65	3,725
s^2	0,03	0,08	0,05

Джерело: розроблено автором

Істинним значенням, встановленим у акредитованій лабораторії є $3,72 \pm 0,03\%$, таким чином, найменшою точністю характеризується метод визначення вмісту жиру згідно методу ГОСТ 5867-90. Незважаючи на те, що результат, отриманий при дослідженні контрольного взірця згідно ДСТУ ISO 11870:2007, є ближчими до істинного значення, показник дисперсії цього методу є вищий, порівняно з ІЧ спектроскопією, таким чином, використан-

ня цього методу забезпечить не лише хорошу точність досліджень, а й їх відтворюваність.

Точність досліджень для будь-якого підприємства є пріоритетним, так як дозволяє ефективно використовувати вкладені кошти. Особливо гостро це питання стоїть перед молокопереробними підприємствами України, адже ціна на молочну сировину станом на 2021 рік є вищою, у порівнянні з багатьма європейськими країнами, саме тому використання високоточних методів її аналізу дозволить забезпечити конкурентоздатність на ринку молочних продуктів.

Як зазначено вище, вираження будь-якого результату повинно супроводжуватися певним інтервалом, що дозволить оцінити точність отриманих даних за допомогою інших методів. Таким чином, необхідно розуміти ймовірність попадання дослідного значення при аналізі взірця, для цього, зазвичай, обирають показник – 95% випадків. Відповідно до цього, для його побудови необхідно знати розподіл ймовірностей, наприклад, припустимо, що це $N(\mu, \sigma)$, і позначимо його через $z_{0,05}$, а критичне значення розподілу $N(0,1)=Z$, яке включає ймовірність 0,95. Тоді $U = \mu + z_{0,05}\sigma$, – ймовірність того, що аналітичний метод дає значення більші за U , а $U = \mu - z_{0,05}\sigma$ – значення менші за U . Таким чином, для будь-якого значення ймовірності результатів $100(1-\alpha)\%$, максимальне та мінімальне значення, передбачене методом, буде виражатися формулою 3.8, де α – ймовірність не достовірності отриманих даних [39].

$$[U_{\min}, U_{\max}] = [\mu - z_{\alpha/2}\sigma, \mu + z_{\alpha/2}\sigma] \quad (3.8)$$

Наприклад, для перевірки точності отриманих даних працівниками лабораторії під час приймання молочної сировини, пропонується провести паралельне дослідження контрольного взірця цим ж методом, для порівняння отриманих даних. Таким чином, припустимо, що істинне значення референтного взірця – 3,7% жиру, а дисперсії – 0,05%, а згідно встановленого алгоритму дій $n = 6$. Тоді інтервал допуску при $z = 0,05$ становитиме:

$$[U_{\min}, U_{\max}] = [\mu - z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n}, \mu + z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n}] = 3,7 \pm 0,05/\sqrt{6} = 3,7 \pm 0,04 \quad (3.9)$$

Таким чином, якщо результат його аналізу не відповідатиме інтервалу допуску, тоді є ризик того, що отримані дані працівником лабораторії не відповідатимуть вимогам достовірності при ймовірності у 95%.

Іншим способом вираження результатів досліджень, а також додатковою характеристикою методу є «довірчий інтервал». Під цим поняттям розуміють, що у зразку кількість аналіту m , оцінена за значенням x , знаходиться між в межах значень L та U з певною ймовірністю. Таким чином, для розрахунку цього інтервалу необхідно встановити дисперсію даних та обрати значення ймовірності. Для прикладу, припустимо, що у нас є випадкова величина масової частки білка, яка слідує за нормальним розподілом з відомою дисперсією. Важливою умовою для встановлення достовірного значення цього показника є те, що він відповідає нормальному розподілові. Якщо ми використовуємо вибірку з n дослідженнями і враховуємо властивості нормального розподілу, тоді середнє значення X є випадковою величиною $N(\mu^\sigma/\sqrt{n})$, яку можна виразити рівнянням [72]:

$$pr \left\{ \mu - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq X \leq \mu + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right\} = 1 - \alpha \quad (3.10)$$

Таким чином, $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ значень середнього арифметичного показника знаходяться в цьому інтервалі. Якщо з рівнянням 3.10 здійснити прості алгебраїчні маніпуляції – відняти μ та X і помножити на -1 , то можна отримати таке рівняння:

$$\left[X - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, X + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \quad (3.11)$$

Наприклад, для встановлення довірчого інтервалу результатів дослідження проби за методом К'ельдаля проведено 10 паралельних досліджень ($n=10$), результати яких такі: 3,42; 3,47; 3,44; 3,46; 3,47; 3,40; 3,41; 3,43; 3,45; 3,47. Середнє значення вибірки – 3,44, Дисперсія – 0,025. Довірчий інтервал дослідження становитиме:

$$3,44 - 1,96 \cdot 0,025 / \sqrt{10} = 3,42$$

$$3,44 + 1,96 \cdot 0,025 / \sqrt{10} = 3,46$$

Довірчий інтервал щодо дисперсії нормального розподілу. У цьому випадку дані надходять із розподілу $N(\mu, \sigma)$ з невідомими μ і σ , і ми маємо вибірку зі значеннями $x_1 - x_n$. Розподіл випадкової величини «вибіркова дисперсія» S^2 пов'язаний з розподілом χ^2 . Як наслідок, $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ довірчий інтервал для дисперсії σ^2 отримують згідно формули:

$$pr \left\{ \frac{(n-1)S^2}{\chi_{\alpha/2, v}^2} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)S^2}{\chi_{1-\alpha/2, v}^2} \right\} = 1 - \alpha \quad (3.12)$$

У цьому рівнянні $\chi_{\alpha/2, v}^2$ – критичне значення для χ^2 , яке розповсюджується на всі значення $v = n - 1$.

Іноді необхідно обчислити довірчі інтервали для кількох параметрів з вірогідністю $100 \cdot (1 - \alpha)\%$, що всі вони містять істинне значення дослідного параметру. Наприклад, для двох статистично незалежних параметрів ми можемо забезпечити $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ спільний рівень вірогідності, розраховавши окремо відповідні $100 \cdot (1 - \alpha)^{1/2}\%$ довірчі інтервали, так як $(1 - \alpha)^{1/2} \cdot (1 - \alpha)^{1/2} = (1 - \alpha)$. Таким чином, якщо є k параметрів, то для будь якого з них можна встановити довірчий інтервал $100 \cdot (1 - \alpha)^{1/k}\%$. Необхідно зауважити, ґрунтуючись на нерівності Бонферроні (Bonferroni inequality), що ймовірність того, що всі твердження є істинними при $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ рівні вірогідності $1 - (\sum_{i=1}^k \alpha_i)$, де $1 - \alpha_i$ - рівень довіри i -го інтервалу (зазвичай $\alpha_i = \alpha/k$). Наприклад, якщо для середнього двох розподілів потрібен спільний 90% довірчий інтервал, відповідно до нерівності Бонферроні $\alpha_i = \alpha/2 = 0,1/2 = 0,05$; таким чином, кожен окремий інтервал повинен бути відповідним 95% довірчим інтервалом. Таким чином, вказані вище розрахунки підходять лише для незалежних параметрів, якщо ж показники володіють корелятивним зв'язком, отримані результати обчислень не відповідатимуть дійсності [35].

Перевірки гіпотез. Для будь-якої лабораторії необхідно розуміти чи застосований метод аналізу до обраного взірця забезпечує сертифіковане значення чи ні. Особливо гостро це питання стоїть у виробничих лабораторія під час вхідного контролю сировини, інгредієнтів та при дослідженні готового продукту. Якщо на основі експериментальних результатів буде вирішено, що застосовувана методика хибна, ми робимо висновок, що вона має систематичну похибку. Наявність таких похибок зумовить отримання недостовірних результатів, що зумовить як фінансові, так і репутаційні втрати для компанії. Враховуючи складну ситуацію на молочному ринку нашої країни, такі втрати для молокопереробного підприємства можуть бути фатальними, саме тому необхідно забезпечити статистичний аналіз застосовуваних методів для впевненості у власній продукції.

Так, тезис, який необхідно перевірити, зазвичай, називають гіпотезою, а процедуру прийняття рішення – перевіркою гіпотези. Статистична гіпотеза – це твердження щодо розподілу ймовірностей, які взаємопов'язані з випадковою величиною. Перш за все, необхідно визначити параметр який характеризуватиме систему,

та на основі якого буде здійснена перевірка гіпотези, наприклад, чи є середнє значення нормального розподілу істинним значенням. В інших випадках може знадобитися прийняти рішення щодо інших характеристик розподілу, наприклад, чи експериментальні дані відносяться до нормального розподілу.

Так як результати, отримані за допомогою аналітичних методів, моделюються розподілом ймовірностей, очевидно, що як перевірка методу, так і його рутинне використання передбачають прийняття рішень, які можна перевести в площину проблеми перевірки гіпотез. Опис елементів перевірки гіпотези пропонуємо здійснити на основі конкретного випадку. Впродовж 10 днів проведено дослідження титрованої кислотності молочної сировини з господарства А, при цьому отримано ряд значень: 17,4; 17,1; 16,8; 16,6; 18,3; 18,4; 18,0; 17,5; 16,9; 17,6, значення середнього квадратичного відхилення = 0,59. Питання, на яке потрібно відповісти, полягає в тому, чи отримані результати відповідають критерію гатунку «Екстра» молочної сировини зі значенням цього параметра 16–17^oT.

Використовуючи статистичні формули вказані твердження можна виразити наступним чином:

$$H_0: \mu = 17,0$$

$$H_1: \mu \neq 17,0$$

Твердження « $\mu = 17,0$ » називається нульовою гіпотезою і позначається як H_0 , а твердження « $\mu \neq 17,0$ » називається альтернативною гіпотезою, H_1 . У цій ситуації у нас сформульовано односторонню альтернативну гіпотезу для визначення значень μ , так як значення може бути більшими за 17,0. Відповідно, можна висувати двосторонню гіпотезу, коли значення зміщені в дві сторони – більше або менше певного показника.

Гіпотези – це не твердження про сам зразок, а про розподіл значень досліджуваного показника проби [63]. Виходячи з цього μ – невідоме значення титрованої кислотності, яке буде таким самим, як значення, передбачене процедурою, якщо систематична похибка дорівнює нулю.

Першим кроком перевірки гіпотези є встановлення мети експерименту, яка і визначатиме нульову гіпотезу для тесту. Процедури перевірки гіпотез покладаються на використання інформації у випадковій вибірці; якщо ця інформація не узгоджується з нульовою гіпотезою, то можна зробити висновок, що

гіпотеза хибна. Якщо немає достатньо доказів, щоб довести хибність, тест за замовчуванням приймає рішення не відхиляти нульову гіпотезу, хоча насправді це не доводить, що вона правильна. Тому важливо для працівника лабораторії ретельно вибрати нульову гіпотезу в кожному дослідженні.

Другим кроком перевірки гіпотези є розрахунок необхідних статистичних даних на основі наявної випадкової вибірки для перевірки правильності гіпотези. Однак, оскільки рішення ґрунтується на випадковій вибірці, воно може бути помилковим. Під час перевірки гіпотези можуть бути допущені два види потенційних помилок [59]:

- I тип помилки – якщо нульова гіпотеза визнається хибною, коли вона істинна;
- II тип помилки – визнання нульової гіпотези істинною, коли вона хибна.

Якщо розглянути вказані помилки з точки зору наведеного вище прикладу, то результатом допущення помилки I типу буде зниження ціни на молочну сировину, що може зумовити втрату постачальника якісного молока. У разі допущення помилки II типу підприємство здійснюватиме оплату сировини за завищеною ціною, а готовий продукт може характеризуватися нижчою якістю [69].

Ймовірність виникнення помилок I та II типу виражена у формулі (3.13). Ймовірність « α » тесту називається рівнем значущості, а надійність тесту дорівнює $1 - \beta$, що вимірює силу правильного відхилення нульової гіпотези.

$$\begin{aligned} \alpha &= pr\{\text{тип I помилка}\} = pr\{\text{відхил } H_0 | H_0 \text{ вірно}\} \\ \beta &= pr\{\text{тип II помилка}\} = pr\{\text{прийняття } H_0 | H_0 \text{ не вірно}\} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Символ «|» вказує на те, що ймовірність процесу обчислюється за вказаної умови. У наведеному нами прикладі α буде розраховано з нормальним розподілом середнього значення 17 і стандартним відхиленням 0,59. Згідно наведених даних середнє значення результатів дослідження становить – 17,46. Розрахунок необхідних статистичних показників для підтвердження гіпотези для відомого середнього значення та дисперсії можна здійснити за формулою (3.14):

$$Z = \frac{X - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (3.14)$$

Z – централь («percentile») стандартного нормального розподілу

Таким чином, використовуючи наявні дані та підставивши їх у формулу (3.14) можна отримати таке значення:

$$Z = \frac{17,46 - 17,0}{0,59/\sqrt{10}} = 2,46$$

Також, необхідно встановити прийнятну ймовірність цих результатів, стандартне значення – 95%. Таким чином, встановлене правило перевірки правильності, яке буде застосовуватися до експериментальних результатів, у 5% випадків буде приймати хибні значення. Для перевірки нульової гіпотези необхідно встановити допустимі межі або «критичні значення», відхилення від яких, з похибкою у 5% свідчить, що гіпотеза помилкова.

З іншого боку, замість допустимих меж значення можна розрахувати «*P*-значення» («*P-value*»), яке є ймовірністю отримання поточного значення за нульової гіпотези H_0 . Для нашого прикладу *P*-значення становить 0,0474. Коли *P*-значення менше рівня достовірності α , тоді нульова гіпотеза є не вірна [32].

Наступне питання, яке необхідно вирішити, достатність показника сили застосовуваного правила прийняття рішень. Для обчислення β , визначеного в рівнянні (3.13), необхідно точно уточнити сенс альтернативної гіпотези. У нашому випадку, що мається на увазі під «відповідності значення титрованої кислотності молочної сировини гатунку «Екстра»», тобто, на скільки цей показник може відхилитися від 17, щоб відповідати гатунку. З математичної точки зору відповідь зрозуміла: будь-яке число менше 17, наприклад, 16,9999, що не має жодного сенсу для працівника виробничої лабораторії. У цьому контексті, працівники лабораторії на основі емпіричного досвіду чи певних нормативних значень можуть самі встановити значення титрованої кислотності, яке ще буде відноситися до гатунку «Екстра», наприклад, не більше 17,6^oT. Таким чином, значення β можна розрахувати за формулою:

$$\beta = pr \left\{ N(0,1) < z_\alpha - \frac{|\delta|}{\sigma} \sqrt{n} \right\} \quad (3.15), \text{ де } |\delta| = 0,6$$

Цей показник становить 0,59, що не дозволяє стверджувати про достовірність цієї гіпотези.

Аналіз рівняння (3.15) дозволить встановити каузальність отриманого результату. Щоб зменшити β , треба зменшити зна-

чення $z_\alpha - \frac{|\delta|}{\sigma} \sqrt{n}$. Це можна зробити шляхом зменшення z_α (тобто збільшення рівня значущості α) або збільшення результату $\frac{|\delta|}{\sigma} \sqrt{n}$. Оскільки як точність процедури, σ , так і різниця титрованої кислотності, яку ми хочемо виявити, фіксовані, єдина можливість, що залишилася, – збільшити розмір вибірки n . Для цього можна використати рівняння (3.15) і розрахувати з нього мінімальне значення кількості результатів у вибірці:

$$n \approx \frac{(z_\alpha + z_\beta)^2}{(|\delta|/\sigma)^2} \quad (3.16)$$

Значення β і α для розмірів вибірки 10, 15, 20 і 25, зберігаючи δ і σ фіксованими, наведені на рис. 3.1. Як видно з рисунку, α і β характеризуються взаємно оберненою залежністю, що зумовлює неможливість одночасного зменшення ймовірності обох помилок. У нашому випадку, для забезпечення показників α і β на рівні 0,05 n повинно становити 21.

Формула (3.15) також дозволяє працівнику лабораторії визначити стандартне відхилення, необхідне для задоволення вимоги, відповідно до ризиків α і β , які можна визнати. Наприклад, якщо необхідно прийняти рішення про дійсність підготовленого рішення з 10 результатами, а аналітик стверджує $\alpha = \beta = 0,05$, єдиним варіантом відповідно до вказаного вище рівняння є збільшення співвідношення δ/σ . Цього можна досягнути зменшенням показника дисперсії, що передбачатиме підвищення точності процесу дослідження.

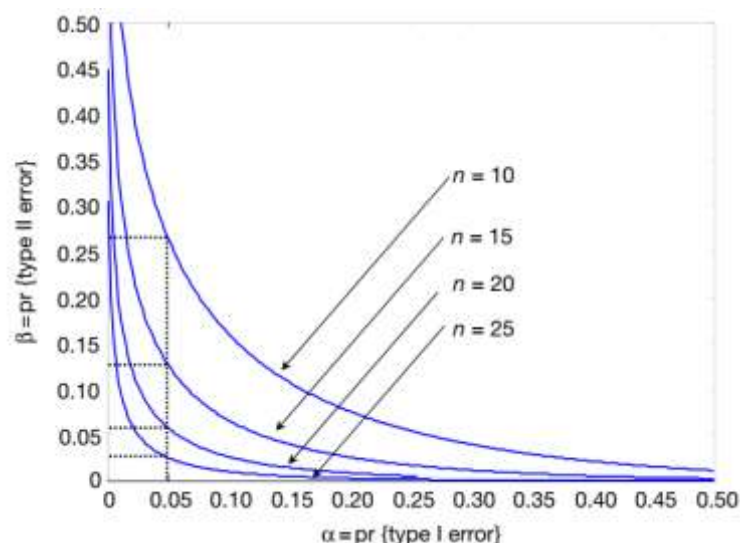


Рис. 3.1. Показники β і α при константних значеннях δ і σ на рівні, відповідно 0,6 та 0,59

Джерело: [60]

Ще одним параметром, який можна змінити згідно формули (3.15), зі збереженням показників α , β і $n \in \delta$ – це значення, на яке може допустимо відрізнятись показник. Таким чином, дослідник збільшує точність методу, за умови, що відношення δ/σ залишається сталим. Інакше кажучи, не змінюючи жодної зі специфікацій перевірки гіпотези, зменшуючи σ , можна встановити значення титрованої кислотності ближче до 17,0. Якісно цей аргумент зрозумілий: якщо процедура є точнішою, то дослідник отримає більш подібні результати, які легше відрізнити від значень, які статистично є недостовірні.

Таким чином, перевірку гіпотези можна розділити на такі кроки

- визначення нульової (H_0) та альтернативної (H_1), гіпотези відповідно до мети тесту та властивостей розподілу випадкової величини

- визначення ймовірностей α , і β , тобто ризик двох типів помилок, які будуть припущені під час прийняття рішення

- обчислення необхідного розміру вибірки

- отримання результатів обчислення відповідної тестової статистики та оцінка її належності до критичної області і формування висновку про прийнятність гіпотези.

Висновок має містити елементи статистичного тесту, передбачуваний розподіл α , β і n . Окрім цього, у висновку необхідно краще зазначати, що «немає експериментальних доказів відкидання нульової гіпотези», ніж «нульова гіпотеза прийнята» [37].

Іншим способом застосування принципу встановлення істинності гіпотези є, наприклад, перевірка точності показів обладнання після його повного технічного огляду чи додаткового калібрування. Так, перед працівником лабораторії після технічного огляду ІЧ аналізатора MilkoScan FT3 стоїть завдання перевірити придатність методу визначення вмісту жиру при $p \leq 0,05$. Для цього лаборант використовуватиме стандартний взірець проби, для якого встановлена похибка повторюваності на рівні $\sigma_0 = 0,03\%$. Таким чином можна математично виразити гіпотезу:

$$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2 = 1,96$$

$$H_1: \sigma^2 > 1,96$$

Отриманий вираз вказує на те, що лаборант-аналітик приймає ризики $\alpha = \beta = 0,05$.

Розмір вибірки, необхідний для забезпечення вказаних вище вимог, який формально є перевіркою гіпотези з одним хвостом («one-tail hypothesis») дисперсії, можна розрахувати за рівнянням (3.17).

$$\beta = pr \left\{ \chi_{n-1}^2 < \frac{k}{\lambda^2} \right\} \quad (3.17)$$

k – це значення, яке задовільняє рівняння $\alpha = pr\{\chi_{n-1}^2 > k\}$, а $\lambda = \sigma/\sigma_0$.

Цю формулу можна перетворити у функції статистичних формул софту Microsoft Excel [31]:

$$\beta = CHISQ.DIST(CHISQ.INV(0,95; f)/\lambda^2) \quad (3.17a)$$

Оскільки $\lambda = 2,0$, то рівняння (3.17 чи 3.17a) дозволяє встановити, що для $f = 13$ ($n = 14$) $\beta = 0,0402$. Тому лаборант може провести 14 визначень на контрольному взірці з точністю в 0,95. Таким чином, можна забезпечити збереження точності досліджень без присутності помилок I чи II типу в 95% результатів.

Іншим важливим процесом роботи лабораторії є перевірка точності результатів, отриманих різними методами чи на різному обладнанні. Для прикладу, розглянемо результати дослідження вмісту білка в пробі молочної сировини на ІЧ аналізаторі (A1) та методом К'ельдаля (A2). Відомо, що повторюваність ІЧ спектроскопії становить 0,026% і 0,038% для арбітражного методу. Середнє значення вмісту білка в молоці незбираному при його аналізі на MilkoScan FT2 становить 3,76%, а методом К'ельдаля – 3,81%. Таким чином, ми хочемо перевірити, чи дані, отримані інфрачервону спектроскопією, є точніші порівняно з арбітражним методом.

Оскільки стандартна повторюваність обох процедур відома, тест для порівняння двох середніх з нормальним розподілом та відомими дисперсіями є достатнім. Гіпотези можна виразити такими значеннями:

$$H_0: A1 = A2 \text{ (точність обох методів однакова)}$$

$$H_1: A1 > A2$$

Підтвердженням цієї гіпотези буде виконання умови $Z_{calc} > Z_{\alpha}$, при рівні значимості в 0,05, $Z_{\alpha} = 1,645$. Z_{calc} можна розрахувати з формули (3.18):

$$Z_{calc} = \frac{X_{A1} - X_{A2}}{\sqrt{\frac{\sigma_{A1}^2}{n} + \frac{\sigma_{A2}^2}{n}}} \quad (3.18) = \frac{3,81 - 3,76}{\sqrt{\frac{0,026^2}{10} + \frac{0,038^2}{10}}} = 3,434$$

Оскільки статистичне значення становить 3,434, тому нульова гіпотеза відхиляється, і можна зробити висновок, що точність досліджень ІЧ аналізатора є вища, порівняно з методом К'ельдаля.

Тести придатності: тести нормальності. Тест на розподіл або тести відповідності призначені для того, щоб вирішити, чи сумісні експериментальні дані із заздалегідь визначеним розподілом ймовірностей, який зазвичай характеризується одним або кількома параметрами, такими як нормальний, t -Ст'юдента, F або рівномірний розподіл. Априорі, всі отримані дані дослідники розглядають як нормальний розподіл, що, з точки зору емпірики, не завжди є правильно. Саме тому для аналізу отриманих даних можна використовувати критерій χ^2 -квадрат, який використовується для будь-якого розподілу, і тест Д'Агостіно (D'Agostino K^2 test), який рекомендується для оцінки нормальності набору даних [29].

Критерій χ^2 -квадрат. Тест дозволяє виділити дані, які не відповідають інтервалу, заданому розподілу ймовірностей F_0 . Таким чином, є вибірка даних x_1, x_2, \dots, x_n від випадкової величини, і досліднику необхідно перевірити гіпотезу:

H_0 : відповідає розподілу випадкової величини F_0

H_1 : не відповідає розподілу випадкової величини F_0

Для обчислення статистики n вибірових значень групуються в k класів (інтервалів). Позначимо O_i , $i = 1, \dots, k$, частота, що спостерігається в кожному класі, і очікувана частота за допомогою E_i для того самого класу за умови розподілу F_0 . Тоді ці дані можна виразити таким рівнянням (3.19)

$$\chi_{calc}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.19)$$

враховуючи розподіл χ_{k-p-1}^2 , який використовується для визначення критичної області для рівні довіри $(1-\alpha)$ 100%, рівняння (3.19) можна перетворити:

$$CR = \{\chi_{calc}^2 > \chi_{\alpha, k-p-1}^2\} \quad (3.20)$$

де $\chi_{\alpha, k-p-1}^2$ - це значення, таке, що $pr\{\chi_{k-p-1}^2 > \chi_{\alpha, k-p-1}^2\} = \alpha$, а p - число, яке залежить від розподілу F_0 , наприклад, $p = 2$ для

нормального розподілу, $p = 1$ для розподілу Пуассона і $p = 0$ для рівномірного розподілу. Тест вимагає, щоб очікувані частоти були не надто малими. Якщо частоти не відповідають цій вимозі, дані необхідно перегрупувати в більші класи. У практиці хімічного аналізу розміри вибірки невеликі, і при групуванні даних для критерію χ^2 -квадрат їх мало, що зумовлює те, що критичне значення рівняння (3.20) стає великим, і необхідно мати велику розбіжність між оціненою та спостережуваною частотами, щоб відхилити нульову гіпотезу. Це означає, що тест дуже консервативний [64].

Наприклад, для встановлення меж концентрації калібрувальних розчинів для визначення вмісту іонів цинку в молочній продукції за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії. При застосуванні цих розчинів отримано такі значення кількості металу: 1,362, 1,384, 1,419, 1,464, 1,425, 1,409, 1,387, 1,449, 1,311, 1,350. Для того, щоб перевірити, чи концентрація цинку є постійною і не залежить від концентрації інших компонентів в кожному стандарті, ми можемо перевірити нульову гіпотезу H_0 :

H_0 : Розподіл випадкової величини рівномірний

H_1 : Розподіл випадкової величини не рівномірний

У таблиці 3.2 показано розрахунок як спостережуваних, так і очікуваних частот за рівномірного розподілу в інтервалі [1,311-1,464], кінцевими точками є відповідно мінімальне та максимальне значення у вибірці.

Таблиця 3.2

Результати критерію χ^2 -квадрат на придатність до рівномірного розподілу, що застосовується для оцінки валідності методу визначення цинку в молочній продукції

Інтервал	Спостережувана частота (O_i)	Очікувана частота (E_i)	Отримане значення
[1,311-1,350]	3	2,40	0,15
[1,362-1,384]	2	2,40	0,07
[1,387-1,409]	2	2,40	0,07
[1,419-1,425]	3	2,40	0,15
[1,449-1,464]	2	2,40	0,07

Джерело: розроблено автором

Підсумовуючи значення останнього стовпця таблиці 3.2, коефіцієнт $\chi_{calc}^2 = 0,51$, а критична область для $\chi_{0,05,5-0-1}^2 = 9,49$. Таким чином, немає доказів, які б спростували гіпотезу про те, що дані відповідають рівномірному розподілу.

Тест Д'Агостіно є одним з найефективніших методів перевірки гіпотези про нормальність розподілу випадкових величин у дослідженні. Так, припустімо, що:

H_0 : Розподіл випадкової величини нормальний

H_1 : Розподіл випадкової величини не відповідає цьому критерію

Таким чином, для застосування цього тесту дані сортуються в порядку зростання: $x_1 < x_2 \dots < x_n$. Після цього використовується формула для їх статистичного аналізу:

$$D_{calc} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n x_i}{n \sqrt{n \{ \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i^2 / n) \}}} \quad (3.21)$$

Індекс i в формулі (3.21) відноситься до впорядкованих даних. У таблиці 3.3 наведено деякі критичні значення статистики $D_{a,n}$ з двома значеннями $DL_{a,n}$ і $DU_{a,n}$ для кожного розміру вибірки n і рівня значимості α [29].

Таблиця 3.3

Межі значущості для тесту нормальності Д'Агостіно

Загальна кількість результатів у вибірці	$\alpha=0,05$		$\alpha=0,01$	
	$DL_{a,n}$	$DU_{a,n}$	$DL_{a,n}$	$DU_{a,n}$
10	0,2513	0,2849	0,2379	0,2857
12	0,2544	0,2854	0,2420	0,2862
14	0,2568	0,2858	0,2455	0,2865
16	0,2587	0,2860	0,2482	0,2867
18	0,2603	0,2862	0,2505	0,2868
20	0,2617	0,2863	0,2525	0,2869
22	0,2629	0,2864	0,2542	0,2870
24	0,2639	0,2865	0,2557	0,2871
26	0,2647	0,2866	0,2570	0,2872
28	0,2655	0,2866	0,2581	0,2873
30	0,2662	0,2866	0,2592	0,2873

Джерело: [22]

3.2. Статистична інтерференція, валідація та калібрування

Істинність даних. Істинність є ключовим поняттям, яке кілька міжнародних організацій уніфікують у єдину дефініцію, наприклад, визначення «Ступінь узгодження між середнім значенням, отриманим із великої серії результатів випробувань, і прийнятим еталонним значенням» було прийнято IUPAC [28]. Визначення ISO 5725 [48.] точно збігається з ним. Також це визначення прийняте Європейським Союзом згідно рішення 2002/657/ЕС [27], що стосується роботи аналітичних методів та інтерпретації результатів. Істинність зазвичай виражається в термінах відхилення, яке поєднує всі компоненти систематичної похибки, позначені Δ в рівнянні (3.1).

Рішення про істинність методу приймаються шляхом перевірки гіпотези щодо центрального значення розподілу; у випадку, якщо можна вважати, що випадкова помилка має нульове середнє, вони фактично є тестами на середнє, оскільки, відповідно до рівняння (3.1), очікуване середнє значення для серії вимірювань буде $\mu + \Delta$, і питання зводиться до того, щоб перевірити, чи дорівнює Δ нулю чи ні (еквівалентно, щоб перевірити, чи є x рівним μ).

Використання того чи іншого тесту залежить лише від наявної інформації про розподіл випадкової помилки – її типу (нормальний, параметричний чи невідомий) і, у разі нормальності, від того, відома чи ні дисперсія. Нижче наведено деякі поширені випадки:

1. Якщо необхідно встановити чи відповідає аналітична процедура істинності, використовуючи еталонний взірець, значення якого вважається істинним, потрібно встановити, що отримані результати відповідають нормальному розподілу та розрахувати дисперсією s^2 . Після цього можна переходити до побудови та розв'язку гіпотези про середній нормальний розподіл.

2. Якщо необхідно встановити, чи має аналітична процедура зміщення (позитивне або негативне), за допомогою еталонної вибірки, значення якої вважається істинним. Потрібно встановити, що отримані дані відповідають нормальному розподілу, розрахувати їх дисперсію та побудувати гіпотезу щодо середнього нормального розподілу.

3. У разі необхідності перевірки точності досліджень одного показника за допомогою двох методик, необхідно використати

один і той же еталонний зрієць. Отримані дані проаналізувати на підтвердження їх нормального розподілу та встановити дисперсію.

4. У певних дослідженнях для порівняння різних методів неможливо використовувати однакові зразки. Наприклад, перед використанням методу протічної цитометрії для встановлення загальної кількості бактерій в молочній сировині необхідно здійснити перевірку, чи підтримує новий метод істинність на тому ж рівні, як попередній – чашковий метод. Після того, як новий метод буде готовий і підтверджений еталонними зразками, необхідно виміряти реальні зразки. Складність полягає в тому, що ми не можемо бути впевнені в даних, оскільки вони змінюватимуться щодня. Щоб усунути вплив зразка, використовуються парні конструкції: обидва методи застосовуються до аліквотних частин одного зразка. Індивідуальні середні значення тут не мають сенсу, тому що в цьому випадку ми будемо вводити варіативність через зміну вибірки в кожній серії. Правильною процедурою є віднімання значень $d_i = x_{1i} - x_{2i}$, щоб тепер різниця була викликана виключно зміною методу, а їх середнє значення давало б оцінку зміщення, пов'язаного з новим методом. Здійснивши ці математичні маніпуляції, досить буде застосувати гіпотезу для перевірки середнього значення, а гіпотези нормальності та незалежності повинні оцінюватися на основі відмінностей, які також використовуються для оцінки стандартного відхилення. Вплив зміни на істинність завжди слід оцінювати в діапазоні значень, в яких процедура буде використана. Альтернативою використанню цього способу статистичного аналізу є аналіз пар даних за допомогою лінійної регресії, при цьому він повинен враховувати наявність помилки на обох осях.

У разі необхідності перевірки гіпотези, можна не враховувати деякі відомі дані, наприклад, дисперсію. Однак це може зумовити втрату сили, тобто при однаковому значенні α і однаковому розмірі вибірки є більша ймовірність помилки типу II. Інакше кажучи, щоб зберегти силу, потрібні більші розміри вибірки, щоб отримати ті самі експериментальні докази.

Крім того, необхідно пам'ятати, що наявність даних, що випадають з вибірки, зумовлюють збільшення дисперсії, тому результати статистичного аналізу не можуть бути однозначно інтерпретовані, тобто необхідні більші експериментальні докази, щоб відхилити нульову гіпотезу. Непараметрична альтернатива, як правило, має високу вартість з точки зору сили для того ж рівня

значущості (або з точки зору розміру вибірки). З цієї причини цей спосіб використовувати не рекомендується. Крім того, деякі непараметричні методи аналізу також припускають гіпотезу про розподіл значень, наприклад, можуть бути симетричними або унімодальними.

Точність. Іншим дуже важливим критерієм у валідації методу є точність. У стандарті ISO 5725 [48], в системі IUPAC [28] та в рішенні ЄС 2002/657/ЄС [27] можна знайти дефініцію поняття точність – близькість узгодження між незалежними результатами випробувань, отриманими за встановлених умов («Precision, the closeness of agreement between independent test results obtained under stipulated conditions»).

У статистиці поняття «точність», зазвичай, виражається у показниках її розбіжності, таким чином, чим менше значення дисперсії випадкової складової в рівнянні (3.1), тим точніша процедура. Слід пам'ятати, що точність залежить виключно від розподілу випадкових помилок і не пов'язана з еталонним значенням або значенням, присвоєним вибірці. Найчастіше це поняття виражають як стандартне відхилення результатів, тим не менш, ISO 5725-5 рекомендує використовувати оцінку надійності [8].

Іншими способами вираження точності аналітичного методу є значення його «відтворюваності» та «повторюваності».

Повторюваність визначається як прецизійність за умов повторюваності. В свою чергу, умови повторюваності означають умови, коли незалежні результати випробувань отримуються одним і тим же методом на ідентичних випробовуваних елементах в одній і тій же лабораторії одним і тим же оператором з використанням того самого обладнання за короткі проміжки часу. Повторюваність як стандартне відхилення позначається як σ_r . Межа повторюваності r – це значення, нижче якого з імовірністю $(1-\alpha)-100\%$ лежить абсолютне значення різниці між двома результатами випробування, отриманими в умовах повторюваності. Межа повторюваності визначається як:

$$r = z_{\alpha/2} \sqrt{2} \sigma_r \quad (3.22)$$

де $z_{\alpha/2}$ – це $\alpha/2$ верхній відсотковий пункт стандартного нормального розподілу.

Відтворюваність визначається як точність за умов відтворюваності. Умови відтворюваності означають умови, коли результати випробувань отримують одним і тим же методом на ідентичних

випробовуваних предметах у різних лабораторіях з різними операторами, які використовують різне обладнання. Відтворюваність як стандартне відхилення називається σ_R .

Межа відтворюваності R – це значення, нижче якого є з імовірністю $(1-\alpha)$ –100% абсолютним значенням різниці між двома результатами тесту, отриманими в умовах відтворюваності.

$$R = z_{\alpha/2} \sqrt{2} \sigma_R \quad (3.23)$$

При оцінці σ_r або σ_R з $n < 10$ до рівняння слід застосувати поправочний коефіцієнт згідно рівняння (3.7). Таким чином, як R , так і r описують двосторонні інтервали допуску різниці між двома вимірюваннями.

ISO вводить концепцію проміжної точності, коли змінюються лише деякі фактори, описані в умовах відтворюваності. Особливо цікавий випадок, коли «внутрішні» фактори лабораторії (аналітик, прилад, день) варіюються, що в рішенні європейської комісії No 2002/657/EC [27] називається «внутрішньолабораторною відтворюваністю». Однією з причин неоднозначності визначення точності є лабораторне упередження. Коли метод застосовується лише в лабораторії, лабораторне упередження є систематичною помилкою цієї лабораторії. Якщо аналітичний метод оцінюється в цілому, лабораторне зміщення стає частиною випадкової помилки: зміна лабораторії сприяє дисперсії, очікуваної для визначення, проведеного цим методом у будь-якій лабораторії. Найбільш еkleктичним є положення, описане в стандарті ISO 5725, де сказано: «Лабораторне зміщення вважається постійним, коли метод використовується в умовах повторюваності, але розглядається як випадкова величина, якщо серії застосувань методу здійснюються в умовах відтворюваності» [48].

Виходячи з вказаних вище визначень, можна зробити висновки, що оцінка точності аналітичного методу еквівалентна оцінці дисперсії випадкової помилки в результатах, а додаткова невизначеність обумовлена людським фактором, наприклад, лабораторне упередження повинно бути нівельоване.

Точність двох методів можна порівняти за допомогою перевірки гіпотези про рівність дисперсій за припущенням нормальності, тобто F-тестом.

Зазвичай відсутність контролю над конкретним аспектом аналітичної процедури є причиною великої мінливості. Якщо умови експерименту нестабільні, ми матимемо додаткову мінливість у

визначеннях. F-тест дозволяє вирішити, чи значно покращиться точність під час оптимізації.

Позначимо x_{ij} результати експерименту, де $i = 1 \dots k$ визначено лабораторією, а $j = 1 \dots n$ повторне дослідження. На рис. 3.2 представлено алгоритм аналізу, який дозволяє оцінити дисперсію випадкової величини E в рівнянні:

$$x_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Якщо аналітична процедура працює ефективно, тоді очікується, що k оцінки s_i^2 будуть приблизно рівними та включать похибки через використання аналітичного методу лише однією лабораторією. У цих умовах об'єднана дисперсія s_p^2 загальною оцінкою однієї і тієї ж дисперсії, тобто, за визначенням, повторюваності методу, вираженої як стандартне відхилення згідно ISO 5725.

$$s_r = \sqrt{V(\varepsilon)} \approx s_p \quad (3.24)$$

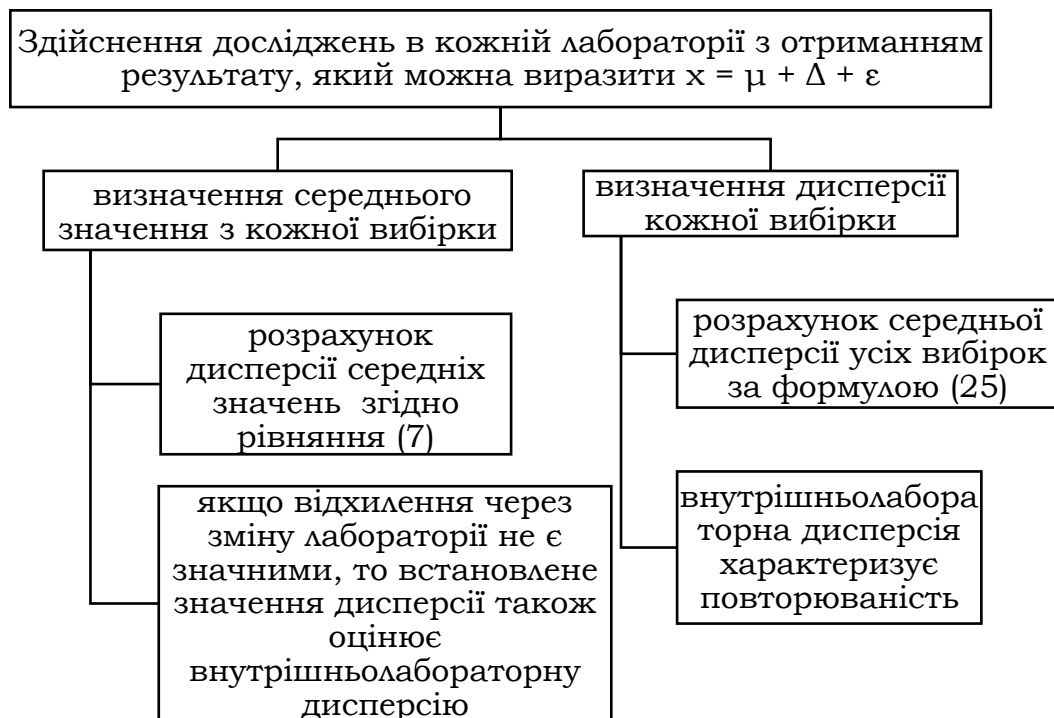


Рис. 3.2. Аналіз випадкових ефектів для міжлабораторного дослідження

Джерело: розроблено автором

Розрахунок середньої дисперсії усіх вибірок проводиться за формулою:

$$s_p^2 = \frac{(n-1)s_1^2 + (n-1)s_2^2 + \dots + (n-1)s_k^2}{k(n-1)} \approx Var_{(\varepsilon)} \quad (3.25)$$

З даних, які можна отримати при аналізі згідно алгоритму, описаного на рис. 3.2 встановити k оцінки зміщення Δ_i , а потім дисперсію лабораторного зміщення, розглядаючи це зміщення як випадкову величину. Беручи до уваги величини, оцінені дисперсіями можна отримати такий вираз:

$$V(\Delta) = sx^2 - \frac{s_p^2}{n} \quad (3.26)$$

Отримане значення пов'язане з формулою (3.1) та надає оцінку відтворюваності, як стандартне відхилення:

$$s_R = \sqrt{V(\Delta) + V(\varepsilon)} \quad (3.27)$$

Після отриманих даних необхідно встановити наявність фактору впливу на значення через людський фактор. Таким чином, нульова гіпотеза полягає в тому, що $V(\Delta) = 0$ (тобто немає впливу людського фактору), альтернатива – принаймні одна лабораторія має не нульове зміщення (ε вплив людського фактору). Для цього оцінюють дві дисперсії, nsx^2 і s_p^2 за допомогою F -тесту – якщо людського фактору немає, $V(\Delta)$ має дорівнювати нулю і, таким чином, обидві дисперсії рівні або, іншими словами, вони оцінюють однакову величину. Для реалізації цього підходу необхідна достатня кількість вибірок, тобто залучених лабораторій для порівняння [38].

Якщо кількість паралельних досліджень дорівнює двом ($n = 2$), поширеним способом міжлабораторного аналізу є використання графіка [78], за допомогою якого можна відобразити правдивість і точність кожної лабораторії. Насправді, графік Youden W. J. є графічним вираженням дисперсійного аналізу, показаного [61]. Крім того, що він використовується для порівняння якості лабораторій, цей графік може бути застосований для порівняння двох методів аналізу з точки зору лабораторного упередження.

Підхід для порівняння двох методів при внутрішньолабораторному контролі був запропонований Kuttatharmmakull та ін. [52]. Цей спосіб постулював використання замість адитивного поняття «відтворюваність», згідно рекомендацій ISO, враховувати проміжну точність, наприклад, оператора, приладу.

Таким чином, аналіз даних передбачає три кроки:

1. Критична перевірка даних з метою виявлення відхилень у вибірці та перевірка придатності моделі.
2. Попередній розрахунок значення точності та середнього значення вибірки.

3. Розрахунок фактичного значення точності та середнього значення, включаючи встановлення зв'язку між точністю та істинним значенням, якщо аналіз показує, що таке співвідношення може існувати.

Аналіз відповідності та несумісності даних. На основі даних, зібраних на певній кількості рівнів аналізу, необхідно прийняти рішення про індивідуальні результати або значення, які здаються «відмінними» від даних інших лабораторій або які можуть змінити результат оцінки. Для цього застосовуються спеціальні статистичні підходи.

Видалення даних з вибірки. Це класична процедура, заснована на виявленні та усуненні даних з вибірки, які значно відрізняються від загальної тенденції результатів аналізу. На сьогоднішній день існує два підходи:

1. тест Кокрана (Cochran's test) пов'язаний з міжрівневою зміною фактора, метою його є виявлення аномальної дисперсії на одному або кількох рівнях фактора [73].

2. тест Граббса (Grubbs' test) – це тест на внутрішньорівневу мінливість, щоб виявити можливі виняткові індивідуальні дані. Його можна використовувати (якщо $n_i > 2$) для тих рівнів, на яких тест Кокрана призвів до неоднозначних даних [58]. Реалізується цей підхід в два етапи:

1. Встановлення відхилень

У наборі даних x_i ($i = 1, 2, \dots, n$), відсортованих у порядку зростання, щоб довести, чи найбільше значення спостереження, x_n , несумісне з іншими, проводяться такі статистичні дії:

$$G, n_{calc} = \frac{x_n - \bar{x}}{s} \quad (3.28)$$

Навпаки, щоб перевірити, чи найменше спостереження, x_1 , значно відрізняється від інших, статистика G_1 обчислюється як:

$$G_{1calc} = \frac{\bar{x} - x_1}{s} \quad (3.29)$$

У рівняннях (3.28) та (3.29), x і s є, відповідно, середнім значенням вибірки і стандартним відхиленням x_i .

Щоб вирішити, чи найбільше чи найменше значення суттєво відрізняється від інших на рівні значущості $100-\alpha\%$, значення, отримані у вказаних вище рівняннях, порівнюють з відповідними критичними значеннями, записаними в таблиці 3.4.

Критичні значення для тесту Граббса

Кількість даних у вибірці	одне значення \min та \max		два значення \min та \max	
	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
4	1,481	1,496	0,0002	0,0000
5	1,715	1,764	0,0090	0,0018
6	1,887	1,973	0,0349	0,0116
7	2,020	2,139	0,0708	0,0308
8	2,126	2,274	0,1101	0,0563
9	2,215	2,387	0,1492	0,0851
10	2,290	2,482	0,1864	0,1150
11	2,355	2,564	0,2213	0,1448
12	2,412	2,636	0,2537	0,1738
13	2,462	2,699	0,2836	0,2016
14	2,507	2,755	0,3112	0,2280
15	2,549	2,806	0,3367	0,2530
16	2,585	2,852	0,3602	0,2767
17	2,620	2,894	0,3822	0,2990
18	2,651	2,932	0,4025	0,3200
19	2,681	2,968	0,4214	0,3398
20	2,709	3,001	0,4391	0,3585

Джерело: [48]

Рішення включає два «рівні аномалій»:

1. Якщо $G_{i,calc} < G_{0,05,i}$, де $i = 1$ або $i = n$, то необхідно прийняти, що відповідні x_1 або x_n подібні до інших.

2. Якщо $G_{0,05,i} < G_{i,calc} < G_{0,01,i}$, де $i = 1$ або $i = n$, то необхідно прийняти, що відповідні x_1 або x_n відстають.

3. Якщо $G_{0,01,i} < G_{i,calc}$, де $i = 1$ або $i = n$, то необхідно прийняти, що вони несумісні з іншими даними того самого рівня (статистичний викид).

Подвійний тест Граббса. Іноді необхідно переконатися, що два близьких за рангом показників (дуже великих або дуже малих), несумісні з іншими. У разі двох найбільших спостережень, x_n та x_{n-1} , коефіцієнт $G_{i,calc}$ обчислюється згідно формули:

$$G = \frac{s_{n-1,n}^2}{s_0^2} \quad (3.30)$$

де, показник $s_0^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, а $s_{n-1,n}^2 = \sum_{i=1}^{n-2} (x_i - \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-2} x_i)^2$

Аналогічно, можна прийняти рішення щодо двох найменших результатів досліджень, x_1 та x_2 , за допомогою формули:

$$G = \frac{s_{1,2}^2}{s_0^2} \quad (3.31)$$

де, показник $s_{1,2}^2 = \sum_{i=3}^n (x_i - \frac{1}{n-2} \sum_{i=3}^n x_i)^2$

Принцип прийняття рішення аналогічний випадку з одним значенням, а відповідні критичні значення вказані в таблиці 3.4. Для забезпечення отримання статистично достотної відповіді необхідно дотримуватися принципу ISO 5725 – знайти причини аномальних результатів, усунути несумісні, а ті, що відстали, залишити, вказуючи їх зірочкою.

Прикладом важливості використання перевірки результатів в отриманій вибірці даних є аналіз масової частки сухих речовин в йогурті. Дані для застосування тесту Граббса та перевірки ефекту викидів представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Результати досліджень масової частки сухих речовин працівниками лабораторії

Серія досліджень	Масова частка сухих речовин			
1	15,77	15,81	15,83	15,92
2	15,75	15,91	15,82	15,83
3	15,83	18,93	15,98	15,77
4	15,93	15,89	15,83	15,78
5	15,90	15,81	15,88	15,93

Джерело: розроблено автором

Найбільше значення становить 18,93, а найменше – 15,75, при цьому встановлено, що показник дисперсії $s = 0,48$, а середнє значення вибірки $\bar{x} = 16,01$. Результати розрахунку коефіцієнтів Граббса згідно формул (3.28) і (3.29) становлять $G_{20} = 6,12$, а $G_1 = 0,53$. Користуючись критичними значеннями в таблиці 4, $G_{0,05}$ при $n=20$ становить 2,709, а при $G_{0,01} = 3,001$; отже, відповідно до правила прийняття рішення (випадок 3), значення 18,93 слід вважати відмінним від інших. Таким чином, середнє значення дослідження становитиме при $n=19$ – 15,84.

Аналіз надійності методу. Процедура, описана в попередньому розділі, зосереджена на виявленні аномальних даних у вибірці. Тим не менш, видалення цих даних не рекомендується, коли необхідно оцінити точність аналітичної процедури, оскільки процедура чутлива до поточних значень, тобто залежить від даних, які були вилучені, особливо, це має вплив на значення дисперсії.

Як зазначалося раніше, значення повторюваності (s_r) і відтворюваності (s_R) визначаються за допомогою формул (3.24) та (3.27), валідність отриманих значень залежить від того, чи виконуються гіпотези нормальності та однорідності дисперсії. На сьогоднішній

день існує універсальний спосіб перевірки надійності методу, який дозволяє обійти вказані обмеження. [44, 73]

Альтернативою процедурам, заснованим на вилученні даних, які відрізняються від загального значення вибірки, які, власне, рекомендовані ISO 5725, є використання оцінки H15, запропонованої Р. J. Huber [44] $c = 1,5$ і «Шкала пропозиції 2» («Proposal 2 Scale»), рекомендовані Комітетом аналітичних методів [20, 21] і прийняті в Гармонізованому протоколі [73]. Вказані методи дозволяють обмежити вплив аномальних даних шляхом їх «переміщення», але зберігаючи їх максимальний вплив. Це здійснюється шляхом перетворення вихідних даних за допомогою функції:

$$\psi_{m,s.c.}(x) = \max[m - sc, \min(m + sc, x)] \quad (3.32)$$

де m і s – параметри вибірки та дисперсії, які необхідно ітеративно оцінити. Функція в рівнянні (3.32) представлено на рис. 3.3.

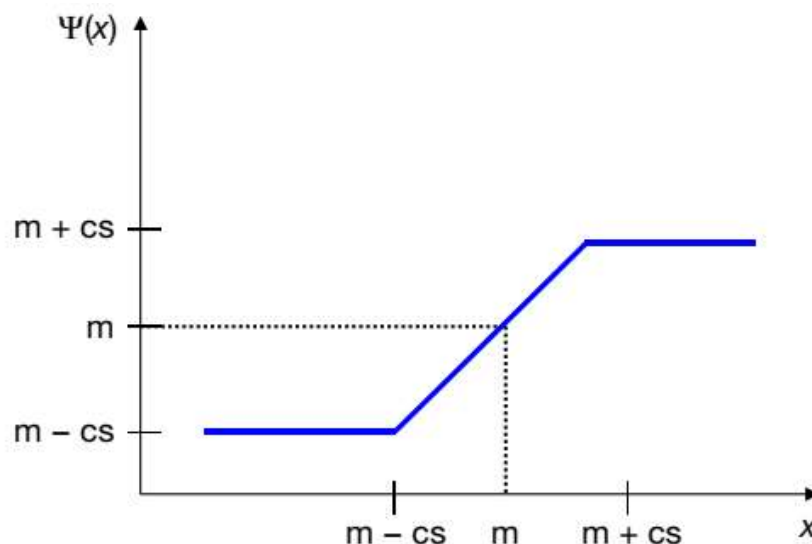


Рис. 3.3. Графічне вираження функції $\psi_{m,s.c.}(x)$

Джерело: [60]

Результат обчислення вказаної функції є узагальненою оцінкою максимальної надійності експериментальних даних. Оцінка є асимптотично оптимальною для даних з невеликою кількістю показників, які «випали» з вибірки та, практично, не відрізняються від даних, наступних за розподілом Стюдента з трьома d.f. Необхідно пам'ятати, що F. R. Hampel та співавтори [40] показали, що t-розподіли Стюдента зі значенням d.f. від 3 до 9 здатні відтворити високоякісні експериментальні дані, а для t_3 ефективність середнього і стандартного відхилення становить 50 і 0%

відповідно. Тому на практиці існує потреба в надійних оцінках емпіричних даних, які отримано за допомогою сучасних аналітичних методів.

Критерій H15 забезпечує достатній захист від високої концентрації даних, які є аномально великими, але близькими до правильних даних. Тим не менш, явно аномальні дані не відкидаються за допомогою оцінки H15, і вони зберігають максимальний вплив, але обмежені. Це призводить до втрати ефективності критерію H15, якого можна уникнути, на рівні від 5% до 15%, коли частка наявних аномальних даних також становить від 5% до 15%. Щоб уникнути цих обмежень, на першому кроці розрахунку необхідно використовувати значення медіани та медіана абсолютного відхилення (*median of absolute deviation* «MAD», рівняння (3.33)), щоб точно визначити більшість «придатних» даних.

$$MAD = \text{median}\{|x_i - \text{median}\{x_i\}|\} \quad (3.33)$$

Процедура розрахунку надійності, отримана під час адаптації критерію H15 до проблеми оцінки повторюваності та відтворюваності, як це викладено в нормі ISO, виконується аналогічно запропонованій пропозиції М. В. Sanz та співавторів [67]. Як і для параметричної процедури, вона використовує середнє значення та стандартне відхилення даних.

Оскільки наявність «викидів» даних в експериментальній роботі неминуча, надійна статистична обробка є важливим інструментом у хімічному аналізі та, відповідно, в інтерпретації отриманих результатів, що дозволить зменшити втрати для підприємства при виготовленні готової продукції.

Точність. Відповідно до визначення IUPAC [28], ISO 5725 [48] та Директиви Європейського Союзу [27], точність є поняттям, яке визначається як «близькість між результатами випробування та прийнятим контрольним значенням». Його оцінюють шляхом визначення істинності та точності. Очевидно, це визначення збирає разом систематичні та випадкові помилки, оскільки для окремого визначення це

$$x_i - \mu = (x_i - x) + (x - \mu) = \varepsilon + \Delta.$$

На практиці нерозумно вважати, що аналітична процедура не має упередженості; експериментально ми можемо прийняти рішення про гіпотезу нульового зміщення. Якщо вплив значний, можна відкоригувати вимірювання шляхом віднімання значення

Δ . Однак це означає збільшення дисперсії кінцевого результату, оскільки Δ оцінюється експериментальними повтореннями і тому має невизначеність.

Надійність. Дефініцією поняття «надійність методу» є його здатність підтримувати істинність і точність впродовж встановленого періоду часу. Це ж стосується придатності еталонного взірця або будь-якого іншого реагенту.

Надійність означає сприйнятливність аналітичного методу до змін експериментальних умов, яка може бути виражена у вигляді переліку матеріалів зразків, аналітів, умов зберігання, умов навколишнього середовища та/або умов підготовки зразка, за яких метод можна застосовувати у представленому вигляді або із передбаченими незначними модифікаціями [27].

Для перевірки надійності методу можна підійти за допомогою двох різних статистичних методологій:

1. застосування добре відомих контрольних діаграм (вони є довірчими інтервалами для середнього значення, дисперсії або діапазону вимірюваного параметра) і запису результатів, отриманих при використанні контрольного взірця, з відомими показниками впродовж певного проміжку часу. Цей тип «апостеріорного» контролю має важливе значення для підтримки якості методу вимірювання та встановлення механізмів сигналізування про формування невідповідностей під час дослідження, які можуть вплинути на аналітичні результати.

2. інший підхід передбачає оцінку «апріорної» мінливості, що очікується в аналітичній процедурі, та визначення джерел цієї мінливості. Перед рутинним використанням процедури необхідно перевірити вплив невеликих змін в реактивах, в умовах роботи або в специфікаціях її протоколу. Може статися, що невеликі зміни в об'ємі екстрагованого реагенту не призводять до великих змін у реакції, тоді як незначні зміни, скажімо, рН володітимуть значним впливом. Одним із способів дізнатися та контролювати цей критерій якості є внесення невеликих змін у потенційно впливові фактори та спостереження за впливом на реакцію.

Вплив кожного фактора не слід аналізувати окремо, оскільки він не є методологічно адекватним і, крім того, не є реалістичним, оскільки на практиці виникають непередбачувані комбінації всіх факторів, які можуть вплинути на результати, замість цього слід використовувати методологію планування експериментів. Оскільки кількість факторів, які потенційно впливають на реакцію, ве-

лика, необхідно використовувати дуже дробні факторіальні проекти для двох рівнів (наприклад, щоб здійснити повний аналіз впливу семи факторів необхідно розробити факторний план для $2^7 = 128$ досліджень). Такими розробками є проекти Плакетта-Бермана та D-оптимальні конструкції, які дозволяють оптимізувати процес аналізу та розробити необхідну стратегію для перевірки змінних [17, 24, 37, 38, 41, 63, 64].

Наприклад, одним з найважливіших показників в молочній промисловості є масова частка жиру в сировині чи в готовому продукті. Арбітражним дослідженням цього параметру є екстракційний метод ISO 14156:2001 [47], який володіє найвищою точністю та дозволяє підготувати контрольні взірці для калібрування приладів чи перевірки достовірності досліджень працівників виробничої лабораторії. Проведено аналіз надійності цієї процедури та виділено сім факторів: об'єм амоніаку, рН об'єкту дослідження, об'єм диетилового етеру, цикли екстракції, об'єм н-пентану, об'єм етанолу та режим відгонки розчинників. Запропоновано план Плакетта-Бермана для оцінки впливу факторів шляхом підбору лінійної моделі:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_7x_7 \quad (3.34)$$

де x_i позначає i -й фактор, а y – модель екстракції ліпідної фази об'єкту дослідження. Експериментальна модель зміни параметрів для перевірки надійності методу дослідження представлена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Експериментальні коефіцієнти з номінальним (-) і експериментальними (+) рівнями, вибраними для плану Плакетта-Бермана для семи факторів арбітражного методу дослідження масової частки жиру за ISO 14156:2001.

Фактор	Номінальне значення (-)	Експериментальне значення (+)
об'єм амоніаку	20 мл	25мл
рН	6,6–6,7	6,5
об'єм диетилового етеру	100	45
об'єм н-пентану	100	45
об'єм етанолу	80	70
цикли екстракції	1	2
режим відгонки розчинників	102°C	105°C

Джерело: розроблено автором

У таблиці 3.7 представлено матрицю дослідження згідно плану Плакетта-Бермана, а також вказані результати дослідження середнього значення масової частки жиру контрольної проби (всі аналізи здійснені паралельно, тобто $n=2$).

Таблиця 3.7

Матриця дослідження впливу семи факторів на метод дослідження масової частки жиру в молоці та молочних продуктах (ISO 14156:2001) згідно плану Плакетта-Бермана

Серія дослідження	Фактори							Вміст жиру
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	
1	1	-1	1	-1	1	1	1	3,57
2	1	-1	1	-1	-1	1	-1	3,76
3	-1	1	1	-1	-1	1	1	3,59
4	-1	1	1	-1	1	-1	1	3,64
5	-1	1	-1	1	1	-1	-1	3,52
6	1	-1	-1	1	-1	1	-1	3,69
7	1	-1	-1	1	-1	1	-1	3,64
8	1	1	1	1	1	1	1	3,72

Джерело: розроблено автором

На основі отриманих даних розраховано коефіцієнти моделі згідно формули (34) та їх p -значення, результати представлені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Результати розрахунку коефіцієнтів моделі та їх p -значення

Значення	Розрахований коефіцієнт	p -значення
b_0	7,623	<0,0001
b_1	-0,657	0,658
b_2	0,546	0,113
b_3	1,026	0,009
b_4	0,762	0,017
b_5	0,566	0,028
b_6	-0,063	0,348
b_7	0,253	0,249

Джерело: розроблено автором

З отриманих даних видно, що лише об'єм диетилового етеру (x_3), об'єм n -пентану (x_4) та об'єм етанолу (x_5) є значущими на рівні 5%. Таким чином, при роботі з методикою саме цим факторам необхідно приділити особливу увагу, оскільки невеликі зміни в будь-якому з них можуть викликати значні відхилення у результатах дослідження.

Зі статистичної точки зору, регресійний аналіз є сферою постійного дослідження, тому постійно зростаюча колекція методик ускладнює вибір найбільш адекватної для даної проблеми.

Принципи калібрування. Інструментальне калібрування є важливим етапом у багатьох процедурах вимірювання як для кількісного визначення окремого показника в пробі, так і для формування загальної оцінки якості виготовленої продукції. Згідно [33] поняття «калібрувальна модель» – це перевірка реакції приладу на зразок з відомими характеристиками з можливим внесенням змін у його роботу (т. зв. «коефіцієнт поправки»), щоб привести прилад до відповідного значення. З іншого боку, «стандартизація» – характеристика реакції вимірювального інструменту відповідно до відомих властивостей зразка, яка здійснюється за допомогою «калібрувальної кривої». Ці два терміни часто помилково вживаються як синоніми.

Багато сучасних приладів складаються з різних систем аналізу – система випромінювання, детекції, обробки результатів, що ускладнює їх калібрування. Таким чином, у виробничих лабораторіях здійснюється процес стандартизації за допомогою серії зразків, які називаються «калібрувальні стандарти» з відомим кількісним показником, наприклад, вмістом білка. Ці стандарти повинні володіти достатньою чистотою, характеризуватися стійкістю, володіти високою відтворюваністю показника, повинні бути виготовлені зі стандартного для цього методу матеріалу та бути виготовленні сертифікованою лабораторією.

З іншого боку, термін «калібрування» володіє рядом дефініцій, наприклад, Міжнародний союз теоретичної та прикладної хімії (IUPAC) [51] їх має дві:

1. Функція калібрування для ідентифікації видів речовин та якісного аналізу. Тобто калібрування тих аналітичних параметрів, які характеризують типи хімічних речовин, шляхом встановлення моделі з метою ідентифікації та якісного аналізу (наприклад, моделі, яка ідентифікує сполуку на основі її хроматографічного часу утримання).

2. Калібрувальна функція для кількісного аналізу, основною метою якої є отримання функції, що дозволяє розрахувати концентрацію (або кількість) аналіту як функцію інструментального сигналу. У більшості випадків функція калібрування повинна враховувати зв'язок реакції з усіма відповідними складовими та похибкам.

В ISO 11843 [46] описана практична релевантність калібрування: «кількісне калібрування системи вимірювань є центральним у багатьох хімічних вимірюваннях. Це важливо для простежуваності вимірювань, мінімізації невизначеності, а також багато показників якості аналітичних методів безпосередньо пов'язані з калібруванням».

Калібрувальна крива, як правило, встановлюється за допомогою статистичної методики лінійної регресії, яка є окремим випадком більш загальної основи підгонки моделей до експериментальних даних. Отже, працівники лабораторії повинні добре розуміти, як проводити калібрувальний експеримент і як оцінювати отримані результати [30].

Лінійна регресія. Як зазначалося вище, елементи лінійної регресії застосовуються для побудови калібрувальних графіків та, відповідно, використовуються при безпосередньому калібруванні обладнання. Для забезпечення розуміння цього поняття необхідно встановити позначення та основні аспекти регресії в найпростішому випадку – одновимірної лінійної регресії. Нехай x виражає незалежну змінну (предиктор), а y – відповідь обладнання. У процесі калібрування x буде концентрацією аналіту в кожному стандарті, а y позначає записаний сигнал. Випадкова помилка, яка передбачається для відповіді, позначається як ε . Модель для спостережуваних експериментальних даних є такою [74]:

$$y = f(x) + \varepsilon \quad (3.35)$$

Таким чином, функція $f(x)$ характеризує калібрувальну криву, яку потрібно оцінити. Для цього проводиться n спостережень, з результатами y_i , що відповідають k еталонам калібрування. Якщо повторних спостережень немає, то $n = k$; в інших випадках $n > k$. Як зазвичай, для кожного y_i відповідна концентрація стандарту записується як x_i , не розрізняючи, чи вони повторюються чи ні.

У багатьох завданнях для калібрування розглядаються такі гіпотези, сумісність яких з результатами експерименту має бути ретельно перевірена:

1. калібрувальна функція f є лінійною у досліджуваному діапазоні концентрацій:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon \quad (3.36)$$

2. значення змінних предиктора ($x_i, i = 1, 2, \dots, n$) є контрольованими значеннями, а їх експериментальною невизначеністю

можна знехтувати порівняно з невизначеністю при визначенні відповіді обладнання.

3. випадкові помилки в спостережуваній відповіді обладнання некорельовані, $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$, якщо $i \neq j$, значення набуває нульового середнього, $E(\varepsilon_i) = 0$, $i = 1, 2 \dots n$ і та сама дисперсія, $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$, $i = 1, 2 \dots n$ незалежно від β_0 , β_1 та x_i .

Таким чином, y_i є випадковою величиною, середнє значення якої є лінійною функцією значення предиктора, $E(y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i$, її дисперсія $Var(y_i) = \sigma^2$, а спостережувані значення $(y_1 \dots y_n)$ некорельовані, тобто $Cov(y_i, y_j) = 0$, $i \neq j$. Тому проблема оцінки моделі згідно рівняння (36) або, відповідно, калібрувальна пряма, технічно еквівалентна оцінці параметрів β_0 , β_1 та σ [76].

Метод найменших квадратів. Метод найменших квадратів (МНК) не потребує будь-яких гіпотез щодо розподілу похибок ε згідно рівняння (36). Для того, щоб оцінити b_0 і b_1 для β_0 і β_1 , формується пряма, яка найкраще описує експериментальні дані. Аргумент такий: для кожної пари значень b_0 і b_1 виходить інший рядок, $y' = b_0 + b_1 x$, з відповідними залишками $e_i = y_i - y'$, де $i = 1 \dots n$. Таким чином, результатом застосування МНК для b_0 та b_1 є значення, які мінімізують суму квадратів цих даних:

$$R(b_0, b_1) = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \quad (3.37)$$

Лінія, отримана при мінімізації R як функції b_0 і b_1 , є такою, що зводить до мінімуму суму відстаней «по вертикалі» між експериментальними даними та оціненими за допомогою підібраних значень (рис. 3.4).

Аналітично можна довести, що функція $R(b_0, b_1)$ в рівнянні (37) має єдиний мінімум (за винятком, коли $x_1 = x_2 = \dots = x_n$, хоча подібна ситуація не можлива під час калібрування):

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{Cov(x, y)}{s_x^2} \quad (3.38)$$

Процедуру отримання мінімуму можна перевірити:

$$\sum_{i=1}^n e_i y_i = 0 \quad (3.39)$$

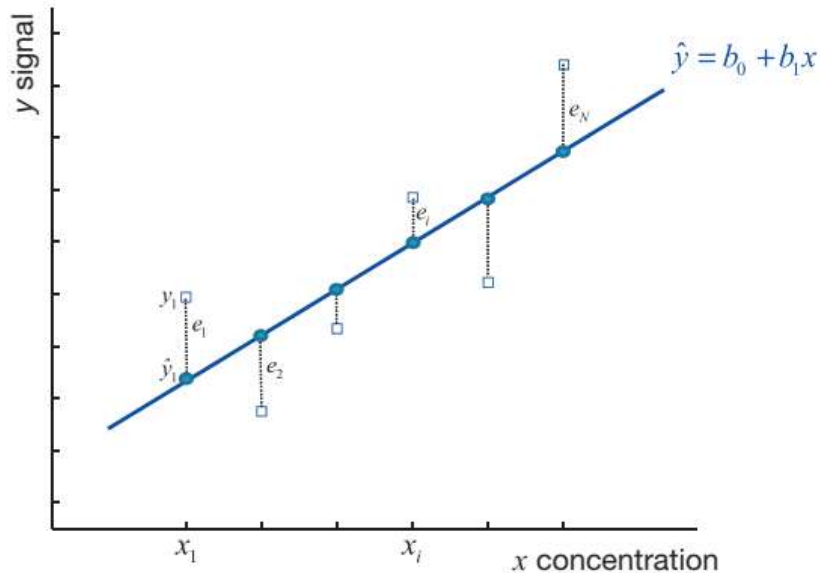


Рис. 3.4. Ілюстрація методу найменших квадратів

Джерело: [45]

З рівнянь (3.38) і (3.39) випливає, що b_0 і b_1 є лінійними комбінаціями випадкових величин y_i , таким чином, ці два показники також є випадковими величинами. На основі того, що $E(y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i$ та рівняння (3.38) можна сформулювати таку формулу:

$$E(b_1) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) E(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) [\beta_1 (y_i - \bar{y})]}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \beta_1 \quad (3.40)$$

$$E(b_0) = E(\bar{y}) - \beta_1 \bar{x} = \beta_0 \quad (3.41)$$

З рівнянь (3.40) і (3.41) можна зробити висновок про неупередженість отриманих результатів. Дисперсія цих оцінок визначається як:

$$\text{Var}(b_1) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sigma^2 \quad (3.42)$$

$$\text{Var}(b_0) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sigma^2 \quad (3.43)$$

$$\text{Cov}(b_0, b_1) = \frac{\bar{x}}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sigma^2 \quad (3.44)$$

З рівнянь (3.42) і (3.43) можна зробити висновок, що точність є добутком двох факторів:

– один з них залежить від величини $\sum_{i=1}^n x_i^2$ і дисперсії $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ концентрації еталонів;

– інший, σ^2 , залежить від невизначеності результату обладнання.

При аналізі рівняння (3.44), слід пам'ятати, що при калібруванні значення x_i не можуть бути від'ємними, таким чином, $x > 0$ і коваріація (кореляція) між b_0 і b_1 завжди негативна.

3.3. Принципи кваліметрії

Кваліметрія – наукова дисципліна, що вивчає методологію та проблематику комплексного кількісного оцінювання якості об'єктів будь-якої природи (рис. 3.5).

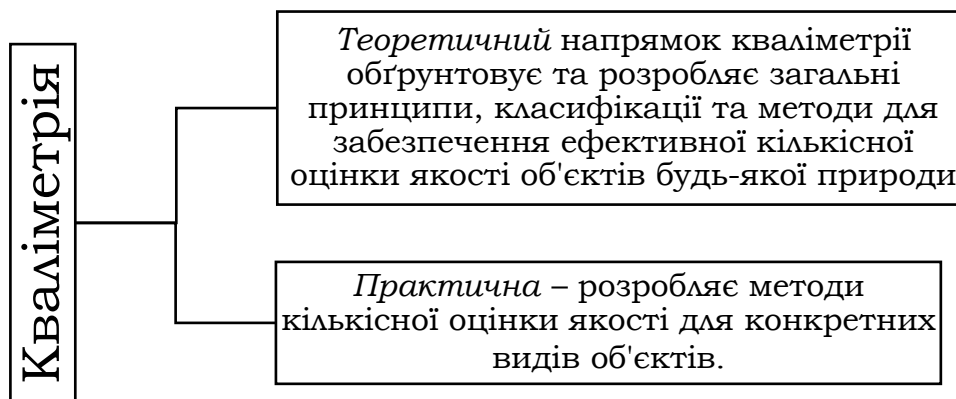


Рис. 3.5. Напрямки діяльності кваліметрії

Джерело: розроблено автором

Таким чином, об'єктом цієї науки є будь-який предмет (процес, явище) матеріальний чи ідеальний, живий чи неживий, природний чи штучний, продукт праці чи продукт природи.

Для розуміння принципів роботи кваліметрії необхідно встановити дефініцію терміну «якість». Нижче наведено ряд основних визначень цього терміну, які сформувався в різні історичні епохи:

1. Якість – це суттєва характеристика об'єкта, в силу якої він є саме ним, а не іншим об'єктом. Це трактування було основним аж до ХХ століття.

2. Якість – це один із суттєвих ознак, властивостей, особливостей, що характеризують даний об'єкт, наприклад, температура об'єкту, маса об'єкту, колір. У цьому сенсі якість може бути виражена за допомогою методів метрології та інших наук.

3. Якість – це сукупність властивостей об'єкта, які проявляють себе у процесі його використання за призначенням [62].

Іншим важливим терміном кваліметрії для характеристики якості об'єктів дослідження є «властивість» – це риса, особливість, характеристика об'єкта, що виявляється під час його виробництва (створення) чи у споживанні (застосуванні, використанні, експлуатації). На сьогодні всі властивості об'єктів можна поділити на дві основні групи:

1. складні властивості – до їх складу входять такі властивості, які складаються з двох або більше властивостей нижчого порядку. Наприклад, таку властивість об'єкту, як "густина" можна розділити на дві прості властивості: маса та об'єм.

2. проста властивість – це така властивість, яку не можна розділити на властивості нижчого порядку, наприклад, довжина об'єкту.

Виходячи з цих визначень, сучасне поняття якість - складна властивість, що представляє собою сукупність всіх властивостей, які характеризують результати, що одержуються при споживанні об'єкта (як бажані, позитивні, так і небажані, негативні).

Для забезпечення ефективного застосування принципів кваліметрії для контролю якості продукції необхідно зрозуміти, що саме розуміється під терміном продукція. Так, дефініцією цієї вокабули є матеріальний результат процесу трудової діяльності, що має корисні властивості, отриманий у певному місці за певний інтервал часу і призначений для використання споживачами з метою задоволення їх суспільних чи особистих потреб [11].

Останнім важливим терміном для кваліметрії є якість продукції, при цьому виділяють три напрями в трактуванні цього поняття:

- перший, ототожнюється з якоюсь одною визначальною властивістю продукції;
- другий, розглядає якість з точки зору відповідності кресленням, технічним умовам чи стандартам;
- третій, вивчає якість як комплекс окремих складових, які і формують якість корисних властивостей об'єкта.

Окрім цього, в ДСТУ 2925-94 «Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення» виділено ще ряд важливих для кваліметрії понять:

головна якість – якість, що ототожнюється з якоюсь однією визначальною властивістю, що характеризує споживчу вартість цього продукту.

інтегральна якість – якість, що визначається сукупністю всіх функціональних, естетичних та економічних властивостей продук-

ту, тобто що виражається сукупністю споживчої вартості та сумарних витрат на виробництво і споживання цього продукту.

Ряд міжнародних стандартів включають в себе поняття «якості», першим з них є ISO 9000:2000 [50]. Згідно цього документу «якість – ступінь відповідності власних характеристик поставленим вимогам». Вказана дефініція не дозволяє розробити методи кількісної оцінки «якості» так як відсутній будь-який носій якості: продукт виробництва чи послуга. Згідно скасованого стандарту ISO 8402 [49] визначення терміну «якість» містило загальне поняття – «об'єкт» (entity), тоді як в ГОСТ Р 50779.11 [9] вже присутні два носії якості – «продукція» та «послуга».

В останній редакції документу ISO 9000:2015 з'явилися розширенні поняття: «якість продукції та послуг організації визначається їхньою здатністю задовольнити споживачів та їх очікуваним та неочікуваним впливом на відповідні зацікавлені сторони. Якість продукції та послуг включає не тільки наявність у них очікуваних функцій і показників функціонування, але також те, як сприймає їх споживач з точки зору їх цінності для нього та набутої вигоди». Таким чином, у цій редакції документу здійснено повноцінне пояснення поняття «якість» з точки зору як функціоналу продукту чи послуги, так і їх сприйняття споживачем, а також впроваджено поняття «цінності» для консьюмера.

Окрім самого поняття «якість», цей стандарт в п. 3.2.3 впроваджує термін «зацікавлена сторона», яка визначається як «особа або організація, які можуть впливати на прийняття рішення або на діяльність, на яких ці рішення або діяльність впливають або, як вони самі припускають, можуть вплинути». В прикладі до цього терміну наведено перелік зацікавлених сторін: «споживачі, власники, співробітники організації, постачальники, банкіри, наглядові органи, спілки, партнери, а також спільноти (об'єднання), які можуть включати конкурентів або групи, що здійснюють протидію». Для оптимізації процесу аналізу поняття якості необхідно припустити, що термін «вимоги» можна прирівняти до «потреб», а згідно з переліком зацікавлених сторін, можна виділити п'ять основних консьюмерів, потреби яких є визначальними (рис. 3.6).

З наведених вище визначень можна зробити висновок, що поняття «якість» не є тотожним терміну «якість продукції», а є значно ширшим і включає ряд додаткових вимог до продукту чи послуги. Наприклад, споживачі цілком задоволені якістю продукції, але її реалізація є низькою незважаючи на всі дії служби

маркетингу та продажів, відповідно, підприємство працює у збиток, з точки зору стандартів ISO серії 9000, говорити про якість продукції не можна.

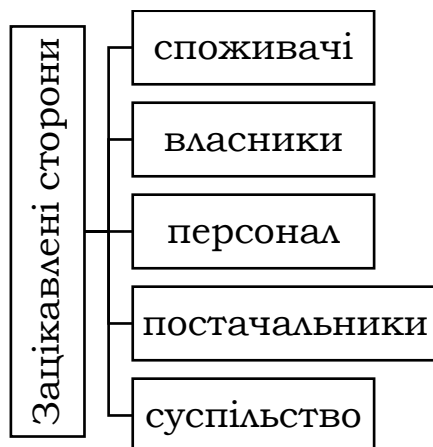


Рис. 3.6. П'ять основних консьюмерів, потреби яких є визначальними

Джерело: розроблено автором

Необхідно розглянути безпосередній зв'язок між якістю та потребами, про що зазначав П. Ф. Друкер [10]: «ніхто не купує річ, покупець потребує задоволення потреби і набуття користі». Таким чином, жоден виробник продукції чи послуг не орієнтується на виготовлення саме цієї речі чи надання послуги, вони будують підприємницьку діяльність на задоволенні потреб та отриманні від цього особистої вигоди, а якщо розглянути цю ситуацію ширше, то суспільство підтримує не виробництво речей та послуг, а задоволення потреб людей. Виходячи з цього, власник, з описаного вище прикладу, змінить виробництво типу готового продукту для задоволення власних потреб. Аналогічно, якщо потреби працівника, в більшій мірі, задовольнятимуться іншим місцем роботи, він змінить підприємство чи навіть рід діяльності. Якщо ж споживачу до вподоби інша продукція або він побачить особисту користь у відмові від саме цієї продукції, він також перестане її купувати.

Складність та суперечливість процесу оцінки якості пояснюється наявністю п'яти зацікавлених як сторін, які можуть мати різні потреби та очікування щодо цього продукту чи послуги. Таким чином, необхідно використовувати для кількісної оцінки якості не абсолютні значення, а розрахунок «ступеню» задоволення, що не суперечить вимогам ISO 9000. Такий підхід дозволить об'єктивно оцінити продукт чи послугу, адже якість одного і того ж об'єкта може бути різною для різних споживачів.

Адекватна модель оцінки якості відповідно до визначення стандарту ISO 9000 може бути дана за допомогою розподілу оцінки задоволення тієї чи іншої потреби на шкалі, що змінюється в межах крайніх оцінок ступеня: наприклад, від «вищого ступеня» до «нітрохи» або від нуля до 100%. У цьому випадку, вказані числові значення можуть слугувати математичним вираженням очікувань консьюмерів. Таким чином, «повною» оцінкою якості продукції чи послуг буде цифрове вираження п'яти зацікавлених сторін за визначеними на підприємстві параметрами. Зрозуміло, що безпосереднім джерелом сучасного управління якістю є статистичний аналіз, тому жодна ефективна система управління не може існувати без статистичних методів, які являються головними інструментами сучасного менеджменту якості. Таким чином, основним завданням для менеджменту підприємства є зміна параметрів розподілу оцінок якості, що, на термінальному етапі, забезпечить підвищення конкурентоздатності всього підприємства.

Згідно [12] «оцінювання якості» – це кількісне чи якісне визначення ступеня відповідності окремих показників і якості загалом вимогам, які висуваються і які можуть бути описані в документах, кресленнях чи обумовлені споживачами. Для забезпечення об'єктивності оцінки якості продукції необхідно максимально забезпечити кількісне вираження цього параметру.

Першим кроком для побудови системи контролю якості є вибір якостей, які є визначальними та оцінка яких дозволить екстраполювати їх на весь продукт та зробити висновок щодо його відповідності. Для забезпечення цього розроблено методологію «ієрархічне дерево якості», яке являє собою ієрархію властивостей продукту (рис. 3.7). На найнижчому або так званому «нульовому» рівні знаходиться найбільш узагальнена якість, яка являє собою комплекс властивостей продукту. Відповідно, на найвищому щаблі розміщені селективні якості, які характеризують виключно цей продукт.

Побудову «ієрархічного дерева якості» можна виразити у такому алгоритмі дій [75]:

1. формування переліку одиничних показників якості, які можуть бути суттєвими для оцінювання якості продукту;
2. поділ виділеної якості до найвищого рівня властивостей, який доцільно буде проаналізувати за допомогою інструментальних методів науки;

3. здійснити зворотній рух по розглянутих властивостях продукту для перевірки репрезентативності обраної характеристики для оцінки якості всього продукту.

Для повноцінної оцінки продукції за допомогою кваліметричного методу в ієрархічну структуру якості необхідно додати ще два терміни:

– одиничний показник якості продукції – показник якості продукції, що стосується лише однієї властивості;

– комплексний показник якості продукції – показник якості продукції, що стосується кількох її властивостей.

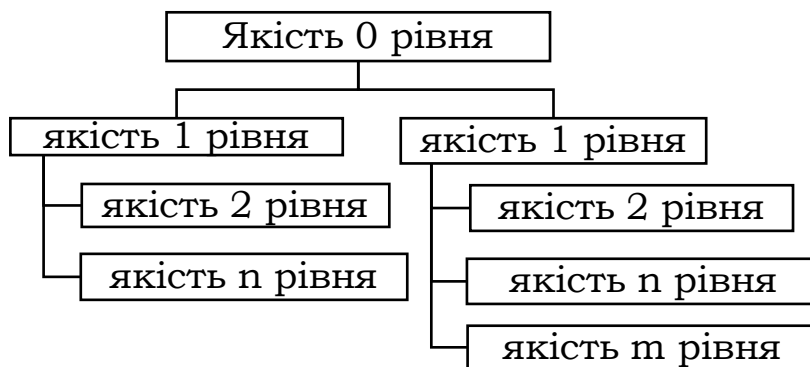


Рис. 3.7. Ієрархічне дерево якості

Джерело: розроблено автором

Зрозуміло, що якість будь-якого об'єкту аналізу можна описати за допомогою нескінченно великої кількості його властивостей, саме тому у процесі побудови дерева якості необхідно дотримуватися двох емпіричних принципів, які забезпечать ефективність процесу. Першим принципом є необхідність опису якості об'єкту дослідження за допомогою максимально можливої кількості його властивостей. Дотримання цього принципу забезпечить максимальний опис властивостей продукту, що зумовить об'єктивну оцінку його якості. Іншим принципом є потреба у зменшенні кількості властивостей, що враховуються, щоб скоротити трудові та економічні витрати. У той же час цей принцип змушує працівників лабораторії до скурпульозного аналізу властивостей продукту, вказаних у ієрархічному дереві якості, для виділення якостей, які максимально ефективно характеризуватимуть об'єкт дослідження. Таким чином, необхідно знайти оптимальну кількість властивостей, яка зможе задовольняти вимоги в оцінці якості продукту та бути достатньою для об'єктивності цього процесу [4].

Для визначення необхідної кількості властивостей продукту для оцінки його якості необхідно встановити їх вплив на загальну величину якості продукції. Для реалізації цієї мети необхідно дотримуватися таких положень:

- властивості якості розглядаються як класифікаційна система згідно з ієрархічною багаторівневою структурою властивостей;
- основу класифікації становить ознака продукту, яка визначається метою оцінки, з якої починається оцінка якості;
- найменша кількість властивостей m рівня, які дозволяють максимально охарактеризувати якість продукту «0» рівня дозволить досягнути поставленої мети кваліметричного аналізу.

Для молокопереробної галузі визначення якості продукції передбачається багатьма державними нормативними документами, тим не менш, можна сформувати такий приклад побудови ієрархічного дерева якості, у ролі об'єкта буде натуральний йогурт (рис. 3.8).

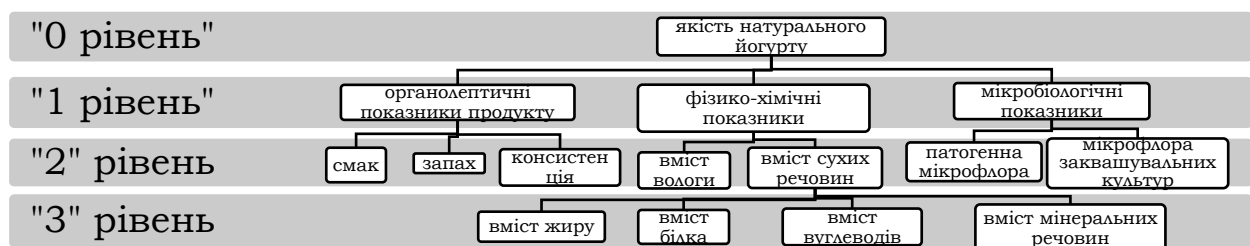


Рис. 3.8. Приклад формування ієрархічного дерева якості для йогурту натурального

Джерело: розроблено автором

Метою кваліметричної оцінки є визначення рівня якості продукції. Під цим терміном розуміється характеристика її якості, що встановлює рівень відповідності фактичних значень показника якості виготовленої продукції (до початку експлуатації) вимогам нормативно-технічних документів [5].

Окрім цього, визначають ще три рівні якості продукції:

- *нормативний рівень якості продукції* встановлюється для вирішення правових питань щодо готової продукції.
- *технічний рівень* дозволяє оцінити якість готового продукту без застосування економічних характеристик.
- *техніко-економічний рівень* включає технічні та економічні показники готового продукту.

Таким чином, загальний принцип визначення рівня якості продукції можна узагальнити такою схемою (рис. 3.9).

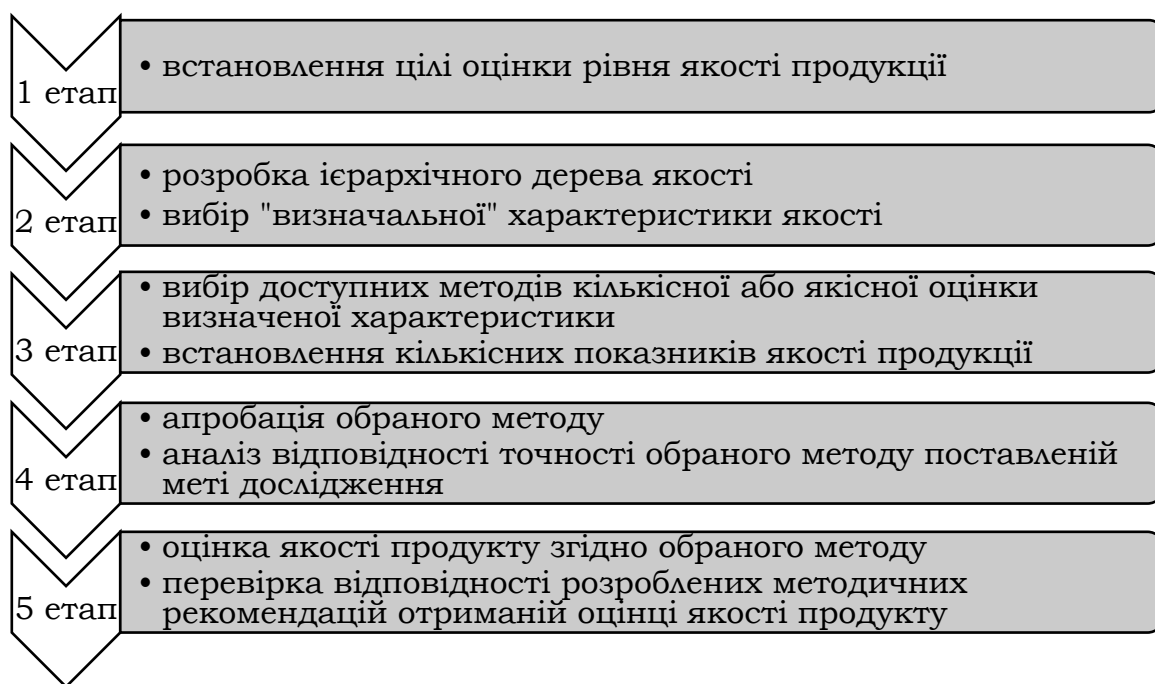


Рис. 3.9. Узагальнена схема встановлення рівня якості продукції

Джерело: розроблено автором

Кінцевий результати здійсненого вимірювання якості продукту залежить від встановлених нормативних меж або наявного зразка продукту для порівняння – еталону. Еталон має бути реально існуючим зразком продукту, а його показники якості повинні бути виміряні у певних одиницях та закріплені у вітчизняних чи міжнародних нормативних документах. Такі значення виміру носять назву «абсолютні значення показників якості» x_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Встановлення абсолютних значень показників якості продукту може проводитися на основі [7]:

– фізичних досліджень – встановлення маси, об'єму, густини, в'язкості, електропровідності та ін.;

– хімічних досліджень – встановлення загального вмісту білка, лактози, вмісту казеїнової фракції молочного протеїну та ін.;

– мікробіологічні дослідження – встановлення показника загальної кількості бактерій, кількість соматичних клітин, кількість дріжджових та цвілевих грибів та ін.;

– фізіологічні дослідження – встановлення естетичної оцінки продукту, оцінка органолептичних характеристик продукту та ін.;

Окрім абсолютного значення показника x_i , обрана характеристика якості може бути виражена через відносне значення y_i – показник ступеню придатності продукту або співвідношення з аналогічним показником еталонного взірця. Відносне значення являє собою функцію двох абсолютних показників: виміряного для виготовленого продукту x_i і прийнятого за еталонний $x_i^{\text{еталон}}$:

$$y_i = f(x_i; x_i^{\text{еталон}}) = \psi \frac{x_i}{x_i^{\text{еталон}}} \quad (3.45)$$

Поряд з абсолютним x_i і відносним y_i значеннями кожна якість продукту характеризується також своєю значимістю серед усіх інших властивостей, яка називається «коефіцієнтом значимості» та позначається M_i . Цей показник є кількісною характеристикою значущості даного показника якості продукції серед інших показників якості, таким чином, адитивне значення значимості властивостей одного рівня є постійною величиною:

$$\sum_{i=1}^n M_i = \text{const} \quad (3.46)$$

Кількісною оцінкою якості є рівень якості продукції K_i , який може бути виражений функцією відносного показника y_i та коефіцієнту значимості M_i :

$$K_i = f(y_i; M_i) \quad (3.47)$$

Функція f може виражати різні залежності: середні показники показника (арифметичні, геометричні), поліном тощо. Окрім цього, K_i може бути представлений не в скалярній, а у векторній формі – у вигляді вектора в n -мірному просторі [16].

Описані вище статистичні дані можна інтегрувати в алгоритм кваліметричної оцінки якості продукту (рис. 3.10). Так як органолептичні показники одні з первинних та найважливіших характеристик готового продукту, на які опирається споживач при своєму виборі, саме тому необхідно забезпечити впровадження єдиної системи аналізу готового молочного продукту зі зрозумілими критеріями та цифровим вираженням для обробки результатів. Також потрібно враховувати індивідуальність нюхових та смакових рецепторів дегустаторів – поріг чутливості до хімічних речовин є різним, а також різний «досвід» у розпізнаванні тих чи інших вад продукту, що зумовлює необхідність формування групи осіб-дегустаторів для отримання об'єктивного результату.

Важливою умовою для отримання об'єктивних показників є індивідуальність оцінювання продукту, тобто дегустатор повинен самостійно провести органолептичний аналіз та оцінити продукт.

Для аналізу продукту пропонуємо такий алгоритм дій дегустатора:

1. Візуально проаналізувати продукт (оцінка зовнішнього вигляду та кольору готового продукту);
2. Встановити запах готового продукту;
3. Спробувати готовий продукт на смак (оцінити смак, текстуру та відчуття в ротовій порожнині після продукту);
4. Проаналізувати свої органолептичні відчуття та знайти їх відповідність у таблиці показників для досліджуваного продукту. Вписати відповідну кількість балів у спеціальний бланк.

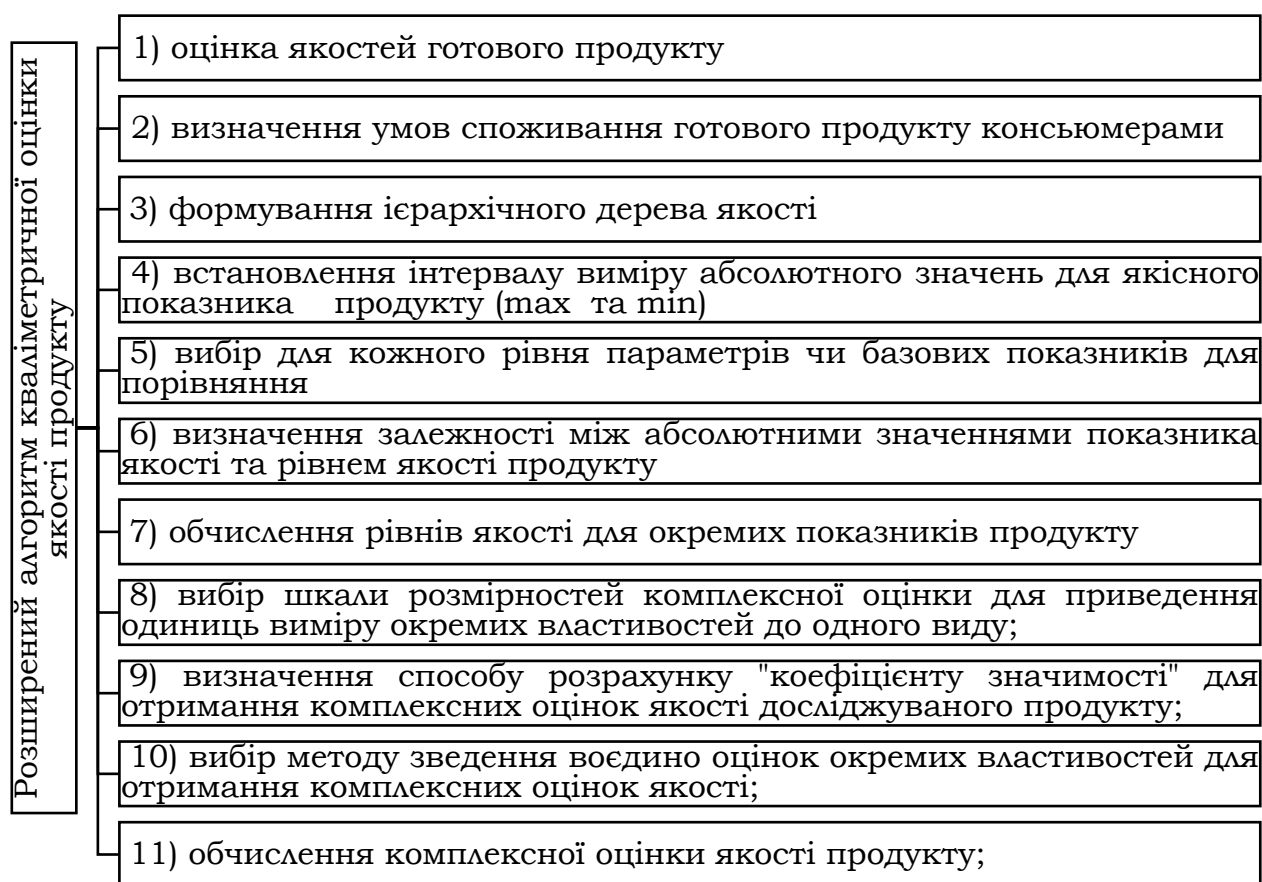


Рис. 3.10. Розширений алгоритм кваліметричної оцінки якості продукту

Джерело: [2]

Для встановлення кінцевого органолептичного показника готового продукту береться середнє арифметичне значення оцінок всіх дегустаторів.

Окрім цього важливим елементом моніторингу органолептичних показників продукту є аналіз розмаху даних і встановлення систематичних результатів, які виходять за межі статистичної помилки. У разі виявлення таких фактів необхідно встановити причину не відповідного оцінювання одного виду продукту чи загалом усього асортименту цим дегустатором.

У таблиці 3.9 наведено приклад матриці оцінювання органолептичних показників кефіру, виготовленого резервуарним способом.

Таблиця 3.9

Органолептичні показники резервуарного кефіру

Показники продукту, загальна оцінка	Оцінка, бали
Смак і запах	
чисті, кисломолочні, без сторонніх присмаків і запахів, смак злегка гострий, характерний для кефіру	4
чисті, без сторонніх присмаків і запахів, але недостатньо виражені, слабо виражений кормовий присмак, злегка	3
смак і запах, характерні для продукту, виражені слабо («порожній смак»), кислий*, слабо виражена гіркота та інші слабо виражені сторонні присмаки і запахи.	2
не характерні для цього виду продукту, присутній кормовий, зброджений, дріжджовий присмак і запах, надмірно кислий, смак і запах пліснявих грибів, виражена гіркота, запах і присмак	1
Зовнішній вигляд і консистенція	
консистенція однорідна, згусток не порушений. Допускається газоутворення у вигляді окремих пухирців. У продукті на кінцевий термін придатності на поверхні допускається виділення сироватки (не більше 3 % від об'єму продукту)	4
Візуально помітна незначна борошністість, порушений згусток	3
борошніста консистенція, що не відчувається у ротовій порожнині, крупка, рідка консистенція, відстій сироватки, присутній відстій жиру, наявні пластівці білка на поверхні, гелеподібна консистенція, розбитий згусток на дрібні частини,	2
борошніста консистенція, що відчувається у ротовій порожнині, згусткоподібна консистенція, крупка, значне відокремлення сироватки (більше 15% від загального об'єму продукту), неоднорідна (присутня рідка та тверда фаза продукту),	1
Колір	
колір від білого до світло-жовтого	1
нерівномірний, наявність кольорових плям, (коричневий відтінок, виражений жовтий, рожевий відтінок)	0
Інтерпретація отриманих результатів:	
Відмінний результат – 9 балів	
Добрий результат – 8-7 балів	
Незадовільний результат – <7 балів	

Джерело: розроблено автором

Також розроблена матриця оцінки органолептичних показників для йогурту без фруктового наповнювача, виготовленого термостатним способом (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Органолептичні показники термостатного йогурту без фруктового наповнювача

Показники продукту, загальна оцінка	Оцінка, бали
Смак і запах	
чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів, притаманний цьому молочному продукту.	4
чистий, без сторонніх присмаків і запахів, але недостатньо виражений, злегка кислуватий смак.	3
смак і запах, характерні для продукту, виражені слабо («порожній смак продукту»), помітний кормовий присмак і запах, кислий*, слабо виражена гіркота	2
не характерний для даного виду продукту смак та запах, виражений кормовий, зброджений, дріжджовий присмак і запах, надмірно кислий, смак і запах пліснявих грибів, виражена гіркота (присмак прогірклого жиру), запах і присмак пакувального матеріалу	1
Зовнішній вигляд і консистенція	
консистенція однорідна з глянуватою поверхнею, згусток непорушений, густа консистенція, допускається до 2% виділення сироватки. У продукті на кінцевий термін придатності на поверхні	4
Візуально помітна незначна борошністість, яка не відчувається у ротовій порожнині, недостатньо щільний згусток, при відборі продукту ложкою згусток легко розпадається, на поверхні допускається виділення сироватки (не більше 5% від об'єму	3
борошніста консистенція, що не відчувається у ротовій порожнині, розсипчастий згусток, рідка консистенція, гелеподібна консистенція, на поверхні виділення сироватки (більше 5% від об'єму продукту), нерівномірний розподіл жиру по всьому об'єму продукту (наявність підвищеної кількості жирової фази на поверхні продукту).	2
борошніста консистенція, що відчувається у ротовій порожнині, добре видимі білкові частки («крупка»), значне відокремлення сироватки (більше 15% від об'єму продукту), здуття спожиткової тари, неоднорідна, слизувата, тягуча консистенція	1
Колір	
колір білий, рівномірний по всьому об'ємі продукту	1
нерівномірний, наявність кольорових плям (жовтого, рожевого)	0
Інтерпретація отриманих результатів:	
Відмінний результат – 9 балів	
Добрий результат – 8-7 балів	
Незадовільний результат – <7 балів	

Джерело: розроблено автором

Продукти з «Відмінним» та «Добрим» результатом можуть бути направлені в реалізацію, тоді як продукт з «Незадовільним» результатом повинен бути направлений на переробку або бути утилізований. Окрім цього, необхідно встановити причину випуску продукту невідповідної якості.

Із наведених вище прикладів можна зробити висновок, що показником якості називається кількісна характеристика однієї або кількох властивостей продукції, що формують її якість. Показник якості продукції чисельно характеризує ступінь впливу цієї характеристики на загальну якість всього продукту. Чисельні значення можуть виражатися в одиницях системи СІ (моль, метр, тонна) і безрозмірних (опір зламу паперу, органолептика продукту).

Як зазначалося вище, одним із способів оцінки якості продукції є її порівняння з еталонним або базовим взірцем. Так, базовий зразок продукції – це зразок, що характеризується досяжною для цього типу виробництва сукупністю оптимальних значень обраних показників якості. Від його вибору залежать результати оцінки та прийняті рішення.

Базові зразки або зразки класифікуються за призначенням та способом вираження. За призначенням зразки поділяються на три групи [14]:

1. *Еталони, що відображають досягнутий рівень якості.* Основне призначення цих стандартів – оцінка якості серійної продукції під час присвоєння їй класів, категорій тощо.

2. *Еталони, що відбивають перспективний рівень якості.* Вони покликані стимулювати науково-технічний прогрес. Ці зразки застосовуються для розробки технічних завдань, складання робочих і технічних проектів, для підвищення показників якості продукції.

3. *Спеціальні зразки, призначені на вирішення завдань щодо динаміки якості, отримання та зіставлення окремих комплексних показників.*

За способом вираження зразки поділяються на реальні та умовні:

1. *Реальні зразки* – взірці продукції, яка вже виготовлена або описана у стандартах чи технічних умовах.

2. *Умовні зразки* – реально не існуючі взірці продукції, які створені шляхом аналізу інформації про динаміку якості, вимоги споживачів та можливості виробництва. Сукупність показників ідеального продукту праці включає найвищі значення показників,

досягнуті на даний час у продукції даного типу. Рівень показників такого еталона вищий, ніж будь-якого зразка. За допомогою умовного зразка можна оцінити перспективний рівень якості.

Залежно від способу отримання інформації, згідно ДСТУ 2925-94 методи визначення значень показників якості продукції поділяються на:

– **вимірювальні** – ґрунтуються на отриманні інформації з використанням технічних засобів, наприклад, вимір маси продукту, встановлення точки замерзання молока, визначення електропровідності молока. Перевагою цього методу є низький вплив експериментатора на результати дослідження, відносно мала похибка та велика надійність результатів, недоліком – технологічна складність та великі витрати часу на розробку методики оцінювання якості та підготовки проби до дослідження.

– **реєстраційні** – ґрунтуються на статистичній оцінці певних подій, втрат, наприклад, поломок обладнання, виробленої дефектної продукції.

– **органолептичні** – ґрунтуються на використанні дослідниками органів чуття: зору, слуху, нюху, дотику та смаку. За допомогою них працівники виробничих лабораторій здійснюють контроль показників якості та на основі наявного емпіричного досвіду інтерпретують суб'єктивні відчуття в бали. Так як отримані дані визначаються суб'єктивно, їх точність та відтворюваність поступаються результатам вимірювального методу. Точність і достовірність органолептичного методу залежить від здібностей, кваліфікації, віку, статі, стану здоров'я та інших відмінностей експертів. Перевагою даного методу є відносна технологічна простота застосування, малі витрати на розробку методики оцінювання якості. За допомогою цього методу визначають показники якості харчових продуктів, їх естетичні та ергономічні властивості. З сучасним методом розвитку науки все частіше при органолептичному контролі застосовують технічні засоби: ротаційні віскозиметри, рН метри, газові або рідинні хроматографи, фотометри.

– **розрахункові** – ґрунтуються на інформації, яку отримано після розрахунку теоретичних та емпіричних залежностей. Цей метод, найчастіше, застосовують співробітники проектних груп та підрозділу R&D під час розробки нової продукції, підрахунку показників продуктивності та потужності виробничих ліній.

Залежно від джерела отриманої інформації методи кваліметрії поділяють на:

– **традиційні** – це методи оцінки якості продукції, які проводяться працівниками спеціалізованих експериментальних та роз-

рахункових підрозділів, підприємств, установ та організацій. До експериментальних підрозділів відносяться лабораторії, полігони, випробувальні центри, а до розрахункових – конструкторські відділи, обчислювальні центри.

– **експертні методи** проводяться групою фахівців, які визначають значення таких показників якості, які не можуть бути визначені більш об'єктивними методами, тобто відсутні інструментальні методи оцінки цієї якості продукту.

– **соціологічний метод** застосовується для збору суб'єктивних оцінок продукту споживачами різних груп. Ці методи проводяться шляхом усних опитувань респондентів або за допомогою поширення спеціальних анкет із запитаннями. Відповіді на поставлені запитання оцінюються кількісно – у бальній системі та піддаються статистичній обробці.

– **змішаний метод** для оцінки якості продукції – застосовуються декілька перерахованих вище методів.

Залежно від величини похибки, з якою визначаються результати кількісного аналізу якості продукції, методи поділяються на:

– **точні** – методи аналізу, які використовують інструментальний підхід з мінімізацією похибки при повторюваності та відтворюваності результатів.

– **спрощені** – характеризуються максимально допустимою величиною похибки та мінімально допустимою величиною надійності кінцевих результатів.

– **наближені** – методи, які характеризуються проміжним значенням похибки повторюваності та відтворюваності.

Згідно розширеного алгоритму кваліметричної оцінки якості продукту за Г. Г. Азгальдовим [3] кожна якість продукту характеризується своєю значимістю серед усіх інших властивостей, а кількісним її вираженням є коефіцієнт значимості M_i . На сьогоднішній день у кваліметрії розроблено декілька методів кількісного визначення цього показника:

Метод оцінки вартості. В основі цього методу знаходиться розрахунок витрат (фінансових чи трудових) для підтримки певного рівня досліджуваної властивості продукту, що, в кінцевому результаті, забезпечить стабільність якості або її підвищення.

Цей підхід найчастіше застосовують під час порівняння продуктів одного і того ж виду. Наприклад, при порівнянні взірців йогуртів, виготовлених за різних технологічних параметрів чи з використанням різних заквашувальних культур обирається ряд

ключових характеристик продукту: текстура, візуальна характеристика, в'язкість, флейвор. На основі отриманих даних оцінки кожного продукту за цими характеристиками розраховується, на яку величину x_i (у відсотках) необхідно було б змінити параметри технологічного процесу, щоб змістити на певний відсоток кожен з його основних параметрів, зберігаючи інші незмінними. Таким чином, співвідношення величин x_i в даному випадку і відображатиме співвідношення значимості M_i :

Найбільш поширеним способом вираженням M_i є розгляд цього показника як монотонно зростаючу функцію від аргументу S_i , який є вираженням фінансових або трудових витрат для забезпечення певної властивості продукту:

$$M_i = f(S_i) \quad (3.48)$$

Виходячи з цієї концепції, коефіцієнт M_i можна визначити за формулою (49) – співвідношенням затрат на досягнення відповідного рівня якості досліджуваної характеристики продукту до загальних витрат на якість:

$$M_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (3.49)$$

Недоліком цього методу при його реалізації на підприємствах України є різкі зміни у фінансових затратах на випуск продукту, каузальністю яких є економічні зміни в державі, а не покращення якості продукції. Тому застосування даного способу обмежене та вимагає додаткових розрахункових коефіцієнтів (коефіцієнту інфляції чи коефіцієнту зміни курсу валют при закупівлі запчастин або пакувальних матеріалів за кордоном) у результаті додаткових теоретичних та експериментальних досліджень.

Метод розрахунку ймовірності. В основу цього способу покладена можливість визначення значимості окремих властивостей якості відносно інших параметрів продукту. Найчастіше цей метод застосовується на етапі проектування виробництва нового продукту, так як за основу береться еталонний взірець, якість якого необхідно досягнути. В результаті цього більшість проектних груп обирає «ключові» властивості та старається максимально відповідати еталонному значенню, у той же час характеристики, які володіли меншим значенням, можуть більше відрізнитися. Таким чином, співвідношення показника готового продукту до еталонного показника є функцією коефіцієнту значимості M_i :

$$M_i = f\left(\frac{x_i}{x_i^{\text{еталон}}}\right) \quad (3.50)$$

Перевагою цього способу розрахунку значимості є аналіз багатьох пропозицій проектувальних груп, що дозволяє усунути суб'єктивні чинники та забезпечити максимальне наближення якості продукту до еталонного значення. Недоліком методу є велика трудомісткість розрахунків та відсутність достатньо кваліфікованих рішень для поставленого завдання, що не дозволяє забезпечити досягнення запланованої якості продукту.

Експертний метод. Цей спосіб схожий на попередній, але тут здійснюється розрахунок середнього значення значимості показника якості продукту за допомогою групи експертів. Він має значне поширення і використовується у більшості методик оцінки якості.

Змішаний метод. Зазвичай, це еклектичний спосіб, який ґрунтується на використанні результатів декількох описаних вище методів. Загальна значимість визначається як лінійна комбінація цих, зазвичай, двох величин.

В даний час застосовують три методи оцінки якості промислової продукції – диференціальний, комплексний та змішаний.

Диференціальний метод ґрунтується на порівнянні одиничних показників якості зразка продукції з еталонним взірцем. Загальний алгоритм впровадження цього методу можна представити за допомогою блок-схеми на рис. 3.11.

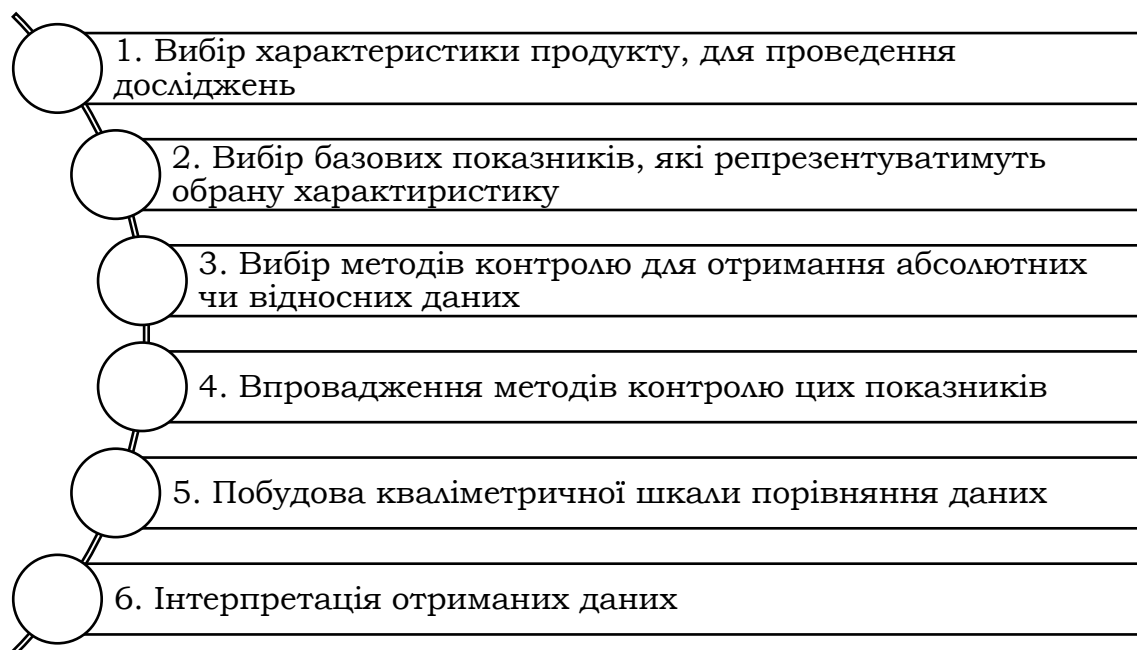


Рис. 3.11. Загальний алгоритм реалізації диференціального методу

Джерело: розроблено автором

При розрахунку відносних даних дотримуються таких принципів:

1) якщо збільшення абсолютного значення показника якості прямо пропорційне підвищенню якості продукції, використовують формулу (3.51):

$$K = \frac{x_i}{x_i^{\text{базове}}} \quad (3.51)$$

2) якщо збільшення абсолютного значення показника якості обернено пропорційне якості продукції, використовують формулу (3.52):

$$K = \frac{x_i^{\text{базове}}}{x_i} \quad (3.52)$$

3) якщо абсолютне значення базової характеристики продукту знаходиться в допустимому інтервалі, що зумовлює відсутність достовірних змін у відносному показнику (K) або спостерігається нівелювання впливу низьких значень важливого показника високими показниками менш важливим, використовують метод «головних точок». Цей метод полягає у графічному визначенні виду залежності між абсолютними та відносними значеннями показника. Кількість точок залежатиме від характеристики якості продукту та мети досліджень, тим не менш, їх число повинно знаходитися в інтервалі від 3 до 7. Таким чином, мінімальна кількість головних точок, яку доцільно використати для побудови графічної інтерпретації становить три: максимальне, мінімальне та середнє значення показника. За максимальне значення показника приймається таке, перевищення якого є неприпустимим відповідно до вимог нормативного документу. Мінімальне значення – найнижче значення показник характеристики готової продукції, за якого виріб можна направити у реалізацію. Середнє значення – середнє арифметичне мінімального та максимального показника якості продукту. Така кількість точок дозволяє підтвердити або відхилити гіпотезу про лінійну залежність K від x_i . Після розрахунку показників трьох головних точок відкладають в системі координат відносні показники досліджуваної характеристики якості: по осі абсцис – значення показника x_i , по осі ординат - значення показника K .

Так, для оцінки впливу товщини пакувального матеріалу на якість готового продукту проведено кваліметричне дослідження.

Проведено дослідження 10 взірців плівки, товщина якої становить, відповідно, 69, 75, 52, 41, 86, 72, 63, 57, 51, 65 мкм. Відомо, що допустиме значення цього параметру пакувального матеріалу для забезпечення необхідної якості готового продукту становить 50–60 мкм. Результати проведеного аналізу впливу товщини плівки на якість продукції представлено на рис. 3.12.

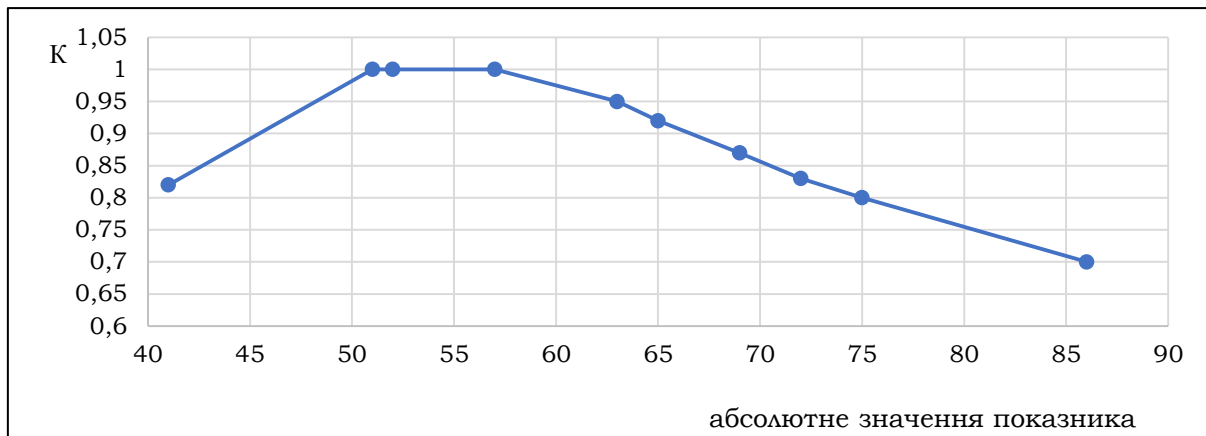


Рис. 3.12. Залежність між абсолютним та відносним показником товщини плівки

Джерело: розроблено автором

Відносні значення показників якості не повинні відрізнятися більш ніж на 20%, оскільки в цих межах вплив зміни фактичного значення показника x_i на величину відносного значення показника K буде приблизно однаковим. Таким чином, критичними значеннями у цьому аналізі є показники товщини плівки вище 75 мкм.

Окрім описаного вище методу можна застосовувати ще два способи [2]:

1. аналіз за кваліметричною шкалою інтервалів, коли від кількісної оцінки досліджуваного показника якості продукції x_i віднімається значення цього ж показника якості еталонного взірця $x_i^{еталон}$. Найчастіше отримані результати виводять у вигляді графіка, що дозволяє їх візуалізувати та ефективно інтерпретувати. Гіпотетичне графічне вираження результатів аналізів може бути представлено на рисунках 3.13 А-В.

Із даних на рис. 3.13А видно, що результат виразу $(x_i - x_i^{еталон})$ має плюсове значення, а отже, якість готового продукту є вищою за еталонний взірець, таким чином, для забезпечення подальшого поступу в плані якості необхідно змінювати базові показники продукції.

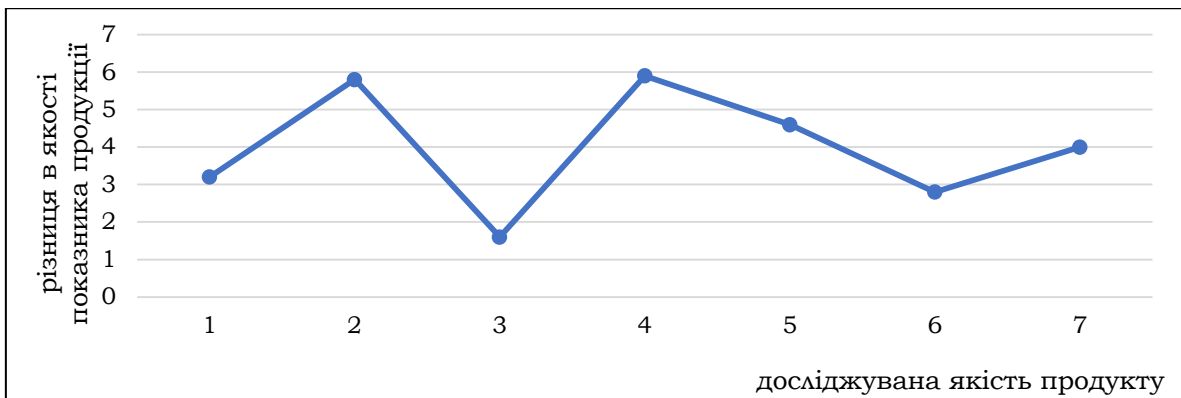


Рис. 3.13А. Графічне вираження результатів дослідження за кваліметричною шкалою інтервалів, коли різниця виразу $(x_i - x_i^{etalon})$ має плюсове значення.

Джерело: розроблено автором

Із даних, представлених на рис. 3.13Б, видно, що результат виразу $(x_i - x_i^{etalon})$ має мінусове значення, а отже, якість готового продукту є нищою за еталонний взірець. Таким чином, якість продукту, яку взято за еталон, неможливо досягнути за допомогою наявного технічного забезпечення підприємства або наявні прогалини в технологічному процесі. Необхідно встановити каузальність отриманих даних для прийняття наступних управлінських рішень:

1. якщо причиною отриманих результатів є технічне забезпечення, тоді необхідно його модернізувати для досягнення запланованої якості продукції. У разі неможливості оновлення устаткування підприємства необхідно змінити еталонний взірець продукції для забезпечення ефективного контролю якості.

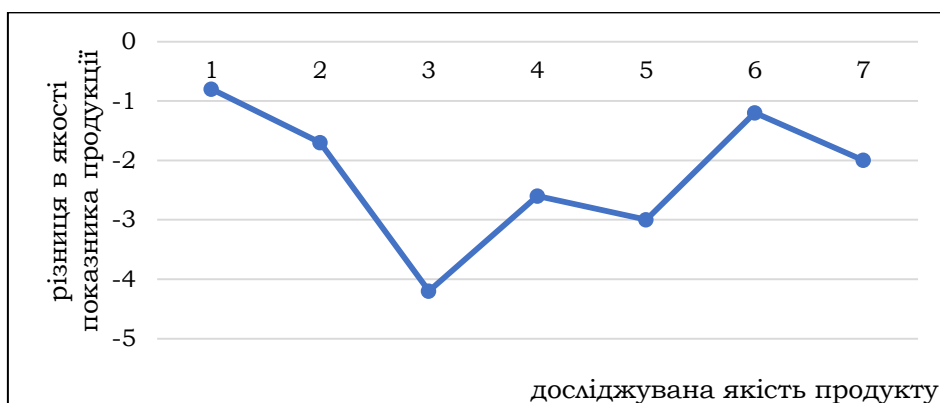


Рис. 3.13Б. Графічне вираження результатів дослідження за кваліметричною шкалою інтервалів, коли різниця виразу $(x_i - x_i^{etalon})$ має мінусове значення.

Джерело: розроблено автором

Останнім можливим вираженням отриманих даних (рис. 13В) є періодична зміна позитивного та негативного результату виразу ($x_i - x_i^{etalon}$). Така картина диференційного аналізу якості дозволяє стверджувати про відповідність наявного технічного забезпечення підприємства, тим не менш, під час виготовлення продукції виникають певні збої у виробничому процесі, які можуть бути обумовлені двома основними причинами:

- не достатньо автоматизації цього обладнання для фіксування збоїв, що зумовлюють зниження якості готової продукції;
- порушення технологічного процесу, найчастіше, через помилки персоналу, що потребуватиме повторного навчання та підвищення контролю за роботою працівників підприємства.

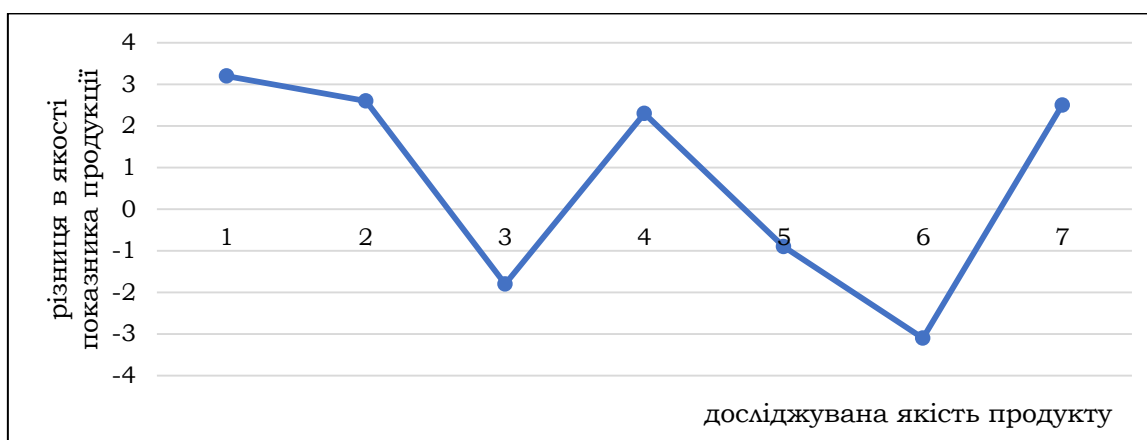


Рис. 3.13В. Графічне вираження результатів дослідження за кваліметричною шкалою інтервалів, коли різниця виразу ($x_i - x_i^{etalon}$) набуває як негативного, так і позитивного значення.

Джерело: розроблено автором

2. аналіз за кваліметричною шкалою співвідношень. Цей спосіб оцінки якості продукції застосовується лише у тих випадках, коли показники якості неможливо оцінити кількісно. При цьому здійснюється таке ж порівняння з еталонним взірцем та формування графічного вираження отриманих співвідношень, як і в першому способі реалізації диференціального методу. Інтерпретація побудованих графіків аналогічна даним, представленим на рис. 3.13А-В.

2. Комплексний метод оцінки якості продукції здійснюється з використанням узагальнених показників якості. Комплексні показники можна розрахувати за допомогою поєднання різних одиничних показників, тим не менш, така комплексна оцінка не

дає уявлення про окремі властивості продукції, тому комплексні показники повинні доповнювати ключові показники якості. Таким чином, комплексний показник якості характеризує сукупність взаємопов'язаних властивостей продукту, наприклад, органолептична характеристика продукту, надійність та ергономічність продукту.

Комплексні показники якості можуть бути пов'язані з одиничними характеристиками продукту через функціональні залежності та через комбінацію одиничних показників, що відповідає визначенню комплексного показника [15].

Так, комплексні показники поділяються на:

- головні;
- інтегральні;
- середньозважені.

Інтегральний показник якості продукції – співвідношення сумарного корисного ефекту від експлуатації чи споживання продукції та сумарних витрат на її створення, експлуатацію чи споживання.

Інтегральний показник I застосовують, якщо відомі корисний ефект та сумарні витрати на створення та використання продукції:

$$I = \frac{\sum KE}{\sum (B_{\text{виг}} + B_{\text{вик}})} \quad (3.53)$$

де, $\sum KE$ – виражений в певних одиницях корисний ефект продукції;

$\sum (B_{\text{виг}} + B_{\text{вик}})$ – виражені в певних одиницях адитивні витрати на виготовлення та використання продукції.

Головний показник якості продукції – показник, який найповніше відображає основне призначення продукції та, відповідно, може слугувати максимально ефективним відображенням його ефективності.

Для розрахунку комплексних показників якості застосовують *середньозважені показники* (Q_i – відносні показники якості; q_i – коефіцієнт вагомості i -го показника; n – число показників, що входять до середньозваженого показника):

1. Середнє арифметичне зважене:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i Q_i \quad (3.54)$$

2. Середнє гармонійне зважене застосовується в тому випадку, якщо розкид між доданками середнього арифметичного зваженого значний:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{q_i}} \quad (3.55)$$

3. Середнє квадратичне зважене застосовується у методі найменших квадратів і широко використовується у кваліметрії:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i^2 Q_i^2 \quad (3.56)$$

4. Середнє геометричне зважене є найпоширенішим та універсальним показником у кваліметрії. Застосовується для розрахунку комплексного показника неоднорідних показників якості, у тому числі для продукції з різними характеристиками, що відповідають різним умовам її застосування та мають значний розкид.

$$Q = \prod Q_i^{q_i} \quad (3.57)$$

3. Змішаний метод поєднує у собі диференціальний та комплексний методи. Цей метод застосовують у разі наявності великої кількості одиничних показників якості продукції або у разі необхідності оцінки важливості вибраних показників якості. Наприклад, у нормативно-технічній документації на продукт передбачено 23 показники контролю якості готового продукту, підприємством було обрано вісім основних, які оцінюватимуться диференціальним методом, а для решти характеристик продукту буде встановлено комплексний показник якості.

Існує декілька варіантів використання змішаного методу:

1. виділення з усієї сукупності одиничних показників основних характеристик продукту, які визначають його якість.

2. використання змішаного методу на основі всієї сукупності одиничних показників якості формують групи за певною загальною ознакою. Після цього проводять аналіз кожної групи окремо – встановлюють для неї комплексний показник. Тоді рішення приймається з урахуванням аналізу всієї сукупності комплексного показника якості. Прикладом такої групи комплексних показників якості може бути сукупність факторів, визначена методом факторного аналізу.

3. побудова комплексного показника якості за групами показників застосування, надійності та економічності [13].

Не менш важливими для кваліметрії є експертні методи дослідження якості продукції, які використовуються для:

- формулювання та уточнення мети проведення оцінки якості продукції;
- розробка класифікації продукції та споживачів;
- побудова ієрархічної структурної схеми показників якості;
- визначення коефіцієнтів вагомості показників;
- визначення базових значень показників продукції.

Застосування експертного методу передбачає дотримання таких умов:

- експертна оцінка проводиться у разі неможливості використання більш об'єктивних (інструментальних) методів встановлення показника якості;
- постановка дослідження повинна передбачати створення умов для формування незалежної думки кожного експерта;
- підготовка питань для експертів та їх формулювання повинно виключати можливість їх різного тлумачення;
- експерти мають бути компетентними у вирішуваних питаннях;
- для забезпечення об'єктивності дослідження кількість експертів повинна бути оптимальною, а також повинен бути обраний голова експертної комісії;
- відповіді експертів повинні бути однозначними, зафіксованими на іменному бланку для можливості їх математичної обробки.

Експертні комісії, що створюються для оцінки якості продукції, складаються з двох груп: робочої (організаційної) та експертної. *Робоча група* відповідальна за:

- розробку методу оцінки якості продукту;
- організацію та проведення експертної оцінки якості
- обробку отриманої від експертів інформації
- аналіз результатів дослідження.

Експертна група виконує оцінні операції, та її члени звільняються від усіх операцій щодо підготовки аналізу продукту.

Організація, у якій формується експертна комісія, повинна передбачити у внутрішньому нормативному документі (у формі наказу чи розпорядження) її склад, обов'язки членів комісії, період та тривалість роботи. Для підвищення якості роботи експертів необхідно забезпечити стабільний склад комісії впродовж довгого періоду часу. На сьогодні, найчастіше, до складу експертної групи входить від 7 до 12 осіб, у крайньому випадку 15. Кінцеве рішен-

ня приймається на основі статистичного аналізу – щонайменше 2/3 голосів членів експертної комісії віддано за це варіант. В окремих випадках, коли часу на розробку мало, а об'єкт, що оцінюється, складний, необхідно створити дві або три експертні групи, чисельністю по 7–10 осіб. У цьому випадку кожна група працює над окремою групою властивостей об'єкта та незалежно від інших.

Під час створення експертної комісії проводиться відбір членів комісії за допомогою таких методів [1]:

1. *якісний метод* передбачає проведення співбесіди з потенційними членами експертної комісії. Відбір здійснює голова експертної комісії, зазвичай, це керівник служби якості продукції.

2. *кількісний метод* включає такі види оцінки відповідності потенційних членів експертної комісії:

– евристичні – кількісне оцінювання кваліфікації члена комісії здійснює голова експертної комісії;

– статистичні – кількісне оцінювання кваліфікації члена комісії здійснюється на основі результатів практичного етапу перевірки;

– тестові – кількісне оцінювання кваліфікації члена комісії здійснюється на основі результатів тестових завдань для експертів;

– документальні – кількісне оцінювання кваліфікації члена комісії здійснюється на основі аналізу вже наявних документальних даних про попередню його діяльність у складі експертної групи чи при оцінці якості готової продукції;

– комбіновані – кількісне оцінювання кваліфікації члена комісії здійснюється на основі сукупності перерахованих методів.

Експертні методи можна поділити на три групи:

– безпосередній вимір якості продукту передбачає значення показників якості у встановлених одиницях: одиницях СІ, балах, нормо-годинах, грошовому еквіваленті, тощо. Такі виміри можуть проводитися за шкалою відношень або за шкалою інтервалів;

– метод ранжування передбачає розстановку об'єктів виміру чи показників якості в порядку їх переваги чи важливості для загальної результату;

– метод виключення передбачає порівняння між собою зразків продукції та, відповідно, встановлення таким чином її якості [6].

Найчастіше у молочній промисловості експертні методи оцінки якості продукції застосовуються при аналізі її органолеп-

тичних характеристик. Як відомо, цей показник якості готового продукту є визначальним для успішності підприємства, а покращення цієї характеристики продукту дозволить підвищити конкурентоздатність компанії.

Найбільш поширеним способом оцінки органолептичних якостей є метод виключення, який забезпечує перевірку наявності відмінностей у флейворі двох зразків продукту [55, 71]. Представлені зразки продукту можуть хімічно (за складом компонентів) відрізнитися, що, найчастіше, застосовують виробники, коли змінюють рецептуру виготовлення, використовуючи різні інгредієнти, водночас не бажаючи, щоб споживач помітив різницю. Наприклад, виробник йогурту для підвищення рентабельності продукції може замінити дорогий аромат ванілі, який використовується в їхньому ванільному продукті преміум-класу, на дешевший аромат ванілі. Тим не менш, для успішності таких змін необхідно, щоб споживачі не відчули різницю в продукті. Правильно проведений тест на виключення дозволить компанії дозволить оцінити можливість здійснення заміни рецептури з мінімальним ризиком для продажів продукту. Також метод виключення може бути використаний при внесенні змін в технологічну обробку продукту, які не повинні вплинути на сенсорні характеристики продукту. В обох цих випадках метою дослідження є підтвердження «нульової гіпотези» – подібність обох зразків продукту.

Однак, коли працівники R&D змінюють рецептуру продукту для його покращення, тоді метою методу виключення є підтвердження відмінності обох зразків продукту – відхилення «нульової гіпотези». Тим не менш, необхідно розуміти, що якщо різниця між вибірками дуже велика і тому очевидна, метод виключення застосувати не доцільно. Якщо попередні стендові тести показують, що обидва зразки будуть помітно відрізнитися для всіх учасників експертної групи, необхідно використати методи масштабування або ранжування.

Існує ряд різних тестів для реалізації методу виключення, включаючи трикутні тести, тести дуо-тріо, тести парного порівняння, n-альтернативні тести примусового вибору, тетрадні тести [36], полігональні та поліедричні тести [26].

Порівняльні тести. Існують дві аналітичні сенсорні форми цього тесту:

1. *спрямоване парне порівняння* («примусовий вибір з двома альтернативами» – «two-alternative forced choice»). Цей тест є одно-

стороннім та застосовується у разі необхідності визначити, чи відрізняються два зразки за певною властивістю – смак, консистенція. Реалізація дослідження проста – експертній комісії надаються одночасно два зразки продукту і пропонується визначити який з них за досліджуваним сенсорним атрибутом є кращим. Член дегустаційної комісії аналізує продукти та вносить результати дослідження в особистий протокол. Важливою особливістю тесту спрямованого парного порівняння є варіативність дослідження проб – АВ і ВА. Ці послідовності мають бути рандомізовані між членами експертної групи з рівною кількістю учасників.

2. тест парного порівняння («проста різниця» або «те саме/різне» – «the simple difference» or «the same/different») – передбачає проведення органолептичного дослідження продукту та формування висновку, чи відрізняються проаналізовані взірці [55]. Важливою особливістю цього тесту є те, що дегустатору не надається інформація, щодо характеристики продукту, яка змінена. Таким чином, членам експертної комісії необхідно лише порівняти два зразки та вирішити, схожі вони чи відрізняються. Для цього тесту характерна більша варіативність дослідження продукту – АА, ВВ, АВ, ВА. Ці послідовності повинні бути рандомізовані серед дегустаторів, причому в рівній мірі.

Вибір одного з двох методів органолептичного аналізу продукту залежить від мети дослідження. Наприклад, якщо члени експертної групи знають, що два зразки відрізняються лише за певним сенсорним атрибутом, тоді використовується метод примусового вибору з двома альтернативами. З точки зору статистики завжди ефективніше використовувати спрямоване парне порівняння, що визначає сенсорний атрибут, за яким зразки відрізняються.

Враховуючи математичну основу обох методів парного порівняння, ймовірність випадкового вибору конкретного продукту становить $1/2$. В обох випадках нульова гіпотеза стверджує, що в довгостроковій перспективі (у всіх можливих реплікаціях і вибірках членів експертної комісії) вибір кожного продукту буде здійснений однаково кількість разів. Таким чином, ймовірність нульової гіпотези $P = 0,5$, тому перевірка статистичних гіпотез у такому форматі аналізу є частиною виводкової статистики. Якщо виразити це припущення математичною термінологією, то можна отримати таке твердження: якщо базова сукупність експертів не може розрізнити вибірки за обраною якістю продукту, то ймовірність вибору вибірки А (P_A) дорівнює ймовірності вибору вибірки В (P_B):

$$H_0: P_A = P_B = 1/2 \quad (3.58)$$

Історичний підхід для зменшення впливу випадкового фактору вибору членом експертної групи полягав у використанні поправочного коефіцієнту, тобто рівня правильних відповідей без свідомого вибору. Формула для виправленої пропорції відома як формула Аббота. Модель проста, але вона охоплює два припущення, перше з яких – під час органолептичного аналізу продукції із застосуванням методу виключення присутні два типи учасників – члени комісії, які здатні відрізнити смакові властивості продукту і, відповідно, свідомо вибирають правильне значення, і члени комісії, які вибирають правильне значення за методом здогадки. Друге припущення – до складу членів комісії, які не здатні відрізнити смакові властивості продукту належать люди, які вгадують правильно, і ті, хто дає неправильну відповідь. Таким чином, загальна кількість правильних суджень є адитивною величиною відповідей людей, які бачать різницю і правильно відповідають, і тих, хто правильно здогадується.

У порогових показниках методу «two-alternative forced choice» лише 50% правильних показників, після коригування щодо можливості вгадування, береться до уваги [23]. Наприклад, у тесті трикутника або тесті з примусовим вибором із трьома альтернативами рівень шансів «вгадати» правильну відповідь становить 1/3, тому з поправкою на ймовірність до уваги береться вже 66,7% відповідей. Якщо використовувався парний тест або дует-тріо, рівень достовірності з 50% зростає до 75%. Виходячи з цього, можна трансформувати формулу Аббота таким чином, щоб знайти можливий відсоток правильних відповідей, враховуючи цільову частку взірців у тесті:

$$P_{\text{розрахункова, \%}} = P_{\text{достовірних, \%}} + P_{\text{хибно вірних, \%}} (1 - P_{\text{не правильної відповіді}}) \quad (3.59)$$

де, $P_{\text{достовірних, \%}}$ – ймовірність отримання достовірних відповідей під час тесту; $P_{\text{хибно вірних, \%}}$ – ймовірність отримання хибно позитивних відповідей під час тесту; $(1 - P_{\text{правильної відповіді}})$ – поправочний коефіцієнт можливості збільшення достовірно правильних відповідей під час зміни кількості взірців продукції в тестуванні.

Наприклад, при застосуванні в методі на виключення не двох взірців, а трьох, частка істинно правильних відповідей згідно формули (3.59) становитиме:

$$P_{\text{розрахункова, \%}} = 50\% + 50\%(1 - 2/3) = 66,7\%$$

Описаний вище статистичний аналіз ймовірності достовірних відповідей при органолептичному аналізі продукції членами дегустаційної комісії не характеризує кожного індивідуально, а описує загальну концепцію формування результатів досліджень такого типу. Модель просто оцінює найбільш імовірну частку людей, які здатні встановити різницю в смакових властивостях зрізців продукції, таким чином, відповідають правильно, а не тих, хто випадково відповідає правильно. Іншими словами, проблема полягає в тому, скільки членів комісії дійсно володіють необхідними органолептичними якостями. На основі статистичних шансів правильного «вгадування» можна розрахувати кількість дегустаторів, які здійснили цей вибір. Аксиомою цього припущення буде те, що загальна кількість правильних відповідей становитиме адитивне значення членів комісії, які свідомо зробили правильний вибір продукції і тих, хто правильно вгадав. Формула (3.60) є математичним вираженням цього твердження:

$$ПВ = A + \frac{1}{n}(N - A) \quad (3.60)$$

де, ПВ – кількість правильних відповідей; A – кількість членів комісії, які здатні встановити органолептичні відмінності продукції; N – загальна кількість членів комісії; n – кількість зрізців продукції для порівняння.

Наприклад, в процесі органолептичного аналізу готової продукції 50 членами дегустаційної комісії за методом виключення отримано 30 правильних відповідей, і голові комісії необхідно встановити теоретичну кількість дегустаторів, які свідомо встановили різницю:

$$30 = A + \frac{1}{2}(50 - A) = \frac{1}{2}A + 25 = 10$$

Таким чином, лише 10 дегустаторів із 50 членів комісії (20% вибірки) дійсно відчували різницю в смаку продукту, що відрізняється від співвідношення правильних відповідей (30/50 = 60%). Такий статистичний аналіз може представити результати сенсорного аналізу з іншої точки зору, яка потенційно є кориснішою, ніж відсоток правильних відповідей.

Такий підхід до аналізу даних органолептичного контролю продукції має ряд переваг:

1. дозволяє керівництву компанії встановити додаткову точку відліку для інтерпретації результатів експертної комісії. Тим не

менш, зі збільшенням чисельності членів комісії загальна кількість правильних відповідей зростатиме, що зумовить зменшення статистичної значущості, яка наближатиметься до значення випадковості. Таким чином, отримані дані органолептичного аналізу продукту повинні бути частиною масштабних досліджень продукту, але не повинні бути єдиним критерієм для прийняття бізнес-рішень.

2. такий підхід є критерієм для встановлення кількості взірців для аналізу та орієнтиром для перевірки подібності або відмінності продуктів. Паралельно з розрахунком необхідної кількості взірців експериментатор повинен прийняти рішення про мінімальне значення, яке дозволить підтвердити альтернативну гіпотезу. Таким чином, необхідно застосувати формулу Аббота, щоб отримати необхідні значення.

Окрім статистичного аналізу при виборі кількості членів експертної комісії та числа взірців продукції необхідно дотримуватися принципу, який ґрунтується на рівні нормальної мінливості продукту та на тому, що очікують споживачі. В одній ситуації може бути сильна лояльність до бренду та споживачі потребуватимуть густої консистенції продукту. У цьому випадку може знадобитися невелика група експертів, щоб встановити достовірність змін в технологічному процесі або після зміни заквашувальних культур. Інший продукт може характеризуватися незначними варіаціями, які допускаються споживачами, наприклад, як зазначалося вище, заміна ароматизатора в продукті, що потребуватиме великої кількості експертів та високого показника достовірності аналізу.

Якщо розглянути принципи статистичного аналізу тесту «the simple difference», то експериментатор шукає точку, в якій довірчий інтервал навколо спостережуваної пропорції більше не перекриває рівень шансу на хибно позитивну відповідь. Тобто, це інший підхід до встановлення мінімального рівня, необхідного для підтвердження чи спростування «нульової гіпотези».

Метод перевірки подібності ґрунтується на порівнянні максимально допустимої частки членів комісії, які здатні надати свідомо правильну відповідь. Meilgaard M. та співавтори [55] пропонують розділити цей аналіз на три етапи:

1. встановлення верхньої межі кількості членів комісії. Цей показник не може бути встановлений математично, а носить ситуативний характер. Як вже зазначалося вище, кількість дегустаторів залежатиме від рівня їх навиків, знання продуктів, розумін-

ня бізнес-ситуації, ознайомлення з аналізом досліджень щодо очікувань споживачів.

2. розрахунок очікуваного значення достовірно правильних відповідей за рівнянням (3.59). Потім необхідно порівняти виведене значення плюс його верхній довірчий інтервал з максимально допустимим показником, який було обрано до початку проведення дослідження. Якщо розрахункове значення менше допустимої межі, можна зробити висновок про статистично значущу схожість. Таким чином, нам необхідно знати два основних показники: значення достовірно правильних відповідей на тест та межі довірчого інтервалу навколо спостережуваної пропорції. Перший елемент розраховується згідно рівняння (3.59), а довірчий інтервал визначається як стандартна помилка ($\pm z$) при бажаному рівні довіри. Для верхнього одностороннього довірчого інтервалу при $p \leq 0,05$ $z = 1,65$. Таким чином, стандартну похибку можна розрахувати згідно рівняння:

$$S = \sqrt{\frac{\left(\frac{ПВ}{N}\right) \cdot \left(1 - \frac{ПВ}{N}\right)}{N}} \quad (3.61)$$

Знаючи стандартну похибку можна розрахувати довірчий інтервал:

$$ДІ_{95\%} = \frac{ПВ}{N} \pm z(S) \quad (3.62)$$

Останнім кроком є введення у довірчий інтервал поправки на умову свідомого прийняття правильного рішення членами експертної комісії (коефіцієнт D). Наприклад, якщо розглянути тест з трьома взірцями продукції, то частка членів комісії, які свідомо здійснили вибір становить:

$$\frac{D}{N} = 1,5 \frac{ПВ}{N} - 0,5 \quad (3.63)$$

Із вказаного рівняння видно, що стандартна помилка, пов'язана з часткою свідомого вибору правильної відповіді у 1,50 рази більша за стандартну помилку статистичного розрахунку.

Для прикладу розглянемо таку ситуацію: при аналізі трьох взірців продукції 60 членами експертної комісії, отримано 30 правильних відповідей. Таким чином, кількість членів, які свідомо зробили правильний вибір згідно рівняння (3.63) становить:

$$D = 1,5ПВ - 0,5N = 1,5 \cdot 30 - 0,5 \cdot 60 = 15$$

Частка членів комісії, які свідомо зробили правильний вибір становить:

$$W, \% = \frac{15}{60} \cdot 100\% = 25\%$$

Стандартна похибка методу з використанням трьох взірців продукції становить:

$$S = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{\binom{30}{60} \cdot \left(1 - \frac{30}{60}\right)}{60}} = 0,097$$

Таким чином, загальна похибка органолептичного дослідження становитиме:

$$1,65 \cdot 0,097 + 0,25 = 0,41 \text{ або } 41\%.$$

Схожий підхід до аналізу результатів органолептичних аналізів продукції розробив Р. Schlich [68], який запропонував теоретичні значення, які дозволяють сформулювати висновок про достовірність схожості чи відмінності флейвору продукції. Тим не менш, розраховані автором значення для різних методів аналізу достовірно характеризуватимуть систему за умов дотримання вказаних у таблиці 3.11 умов дослідження.

Таблиця 3.11

Теоретичні показники системи, запропоновані Р. Schlich для тесту з трьома взірцями продукції (N – кількість членів експертної комісії; X – кількість правильних відповідей; D – кількість членів, які свідомо зробили правильний вибір)

D	ймовірність	0,2		0,1		0,05	
		N	X	N	X	N	X
0,5	0,2	12	7	15	8	20	10
	0,1	16	9	20	11	23	12
	0,05	25	15	30	17	35	19
0,4	0,2	17	9	25	12	39	14
	0,1	23	12	30	15	40	19
	0,05	35	19	47	24	56	28
0,3	0,2	30	14	43	19	54	23
	0,1	40	19	53	24	66	29
	0,05	62	30	82	38	97	44
0,2	0,2	62	26	89	36	119	47
	0,1	87	37	117	48	147	59
	0,05	136	56	176	74	211	87

Джерело: [68]

Таким чином, якщо встановлений у ході дослідження показник дорівнює або вище табличного значення, можна зробити висновок, що існує значна різниця між органолептичними характеристиками продукту. Якщо ж встановлений показник нижчий табличного значення, то можна зробити висновок про схожість зразків у межах вказаної ймовірності.

Тест «трикутник» передбачає одночасне представлення трьох зразків продукції членам дегустаційної комісії, два з яких одного складу, а один – іншого. Таким чином, перед дегустаторами може стояти одне з двох можливих завдань:

- встановити який зразок продукції відрізняється від двох інших;
- встановити які два зразки продукції схожі.

На основі цього можна розрахувати ймовірність правильного вибору, яка становить один до трьох.

Тест дуо-тріо побудований на основі наявності еталонного зразка серед трьох присутніх на дегустації продуктів, при цьому членам комісії необхідно вибрати серед інших зразків найбільш схожий на еталон. Таким чином, ймовірність правильного вибору, коли немає помітної різниці між зразками, становить один до двох. Існує два формати тесту дуо-тріо, а саме постійний еталонний тест дуо-тріо та збалансований еталонний тест дуо-тріо, які відрізняються за зразками, що використовуються як еталон.

Методи сортування передбачають сортування дегустаторами двох вибірок продукції за обраними характеристиками продукту. Ці підходи до органолептичного аналізу продукції використовуються для встановлення наявності достовірної різниці між двома зразками за смаковими, тактильними, візуальними чи ароматичними характеристиками. Тести сортування статистично дуже ефективні, бо ймовірність випадкового угадування дуже мала, наприклад, для тесту «два з п'яти» дорівнює 1 до 10, а для тесту Харріса–Калмуса – 1 до 70.

Тест «два з п'яти» проводиться за такою схемою: дегустатори отримують п'ять зразків продукту, які їм необхідно відсортувати на дві групи, одна група повинна містити два зразки, які відрізняються від трьох інших [19]. Як зазначалося вище, ймовірність випадкового вибору двох правильних вибірок із п'яти дорівнює лише 0,1, що є основною перевагою цього методу. Однак основним недоліком цього методу є можливість сенсорної втоми дегустатора через проведення повторних органолептичних оцінок зраз-

ків продукції. Ця техніка добре працює, коли зразки порівнюються візуально або тактильно, що було доведено у дослідженні [77].

Тест Харріса-Калмуса передбачає сортування восьми взірців (чотири зразки – взірці з однаковою концентрацією досліджуваного показника, а інших чотири зразки продукту містять різну концентрацію компоненту). Експертам необхідно відсортувати вісім зразків у дві групи по чотири, якщо експерт виконає завдання сортування неправильно йому надаються взірці продукції з вищою концентрацією компоненту. Тест продовжується поки експерт не відсортує правильно дві групи по чотири зразки, а концентрація компоненту продукту вважатиметься як пороговий рівень [53].

Окрім проведення органолептичного аналізу продукції, необхідно опрацювати отримані результати та прийняти на їх основі бізнес-рішення. Найбільш ефективним способом оцінки є статистичний аналіз даних дослідження, для цього використовують ряд підходів.

1. Одним з таких статистичних шляхів є застосування *біноміального розподілу*, який дозволяє встановити ступінь випадковості отриманих даних:

$$P(y) = \frac{n!}{y!(n-y)!} p^y p^{n-y} \quad (3.64)$$

де, n – загальна кількість отриманих результатів;

y – загальна кількість правильних результатів;

p – ймовірність здійснення випадкового правильного вибору;

$n!$ та $y!(n-y)!$ – факторіальну функцію.

Е. В. Roessler та ін. [65, 66] опублікували серію таблиць, які використовують біноміальну формулу для обчислення необхідної кількості правильних відповідей членів експертної комісії для підтвердження чи спростування гіпотези H_1 . За допомогою цієї таблиці (табл. 3.12) керівник експертної комісії приймає рішення про достатність результатів порівняльного тесту для прийняття рішення про наявність відмінностей у органолептичних властивостях продуктів.

Наприклад, у тесті «дует-тріо», в якому брали участь 50 членів експертної комісії, отримано 27 правильних відповідей. Згідно даних у таблиці 12 для такої кількості дегустаторів та ймовірністю в 95% кількість правильних суджень становить 32, що вказує на відсутність достовірної різниці між представленими взірцями продукції. У разі застосування тесту «трикутник» отримані результати

органолептичного аналізу дозволили з ймовірністю у 99% стверджувати про наявність різниці між представленими продуктами.

Таблиця 3.12

Таблиця результатів розрахунку мінімальної кількості достовірних результатів тесту «дует-тріо» і «трикутник» за біноміальною формулою

Результати для тесту «дует-тріо»			Результати для тесту «трикутник»		
Кількість членів експертної комісії (n)	Кількість правильних відповідей (y) для ймовірності		Кількість членів експертної комісії (n)	Кількість правильних відповідей (y) для ймовірності	
	0,05	0,01		0,05	0,01
5	5	–	3	3	–
6	6	–	4	4	–
7	7	7	5	5	5
10	9	10	10	7	8
15	12	13	15	9	10
25	18	19	25	13	15
30	20	22	30	15	17
50	32	34	50	23	26

Джерело: [65. 66]

2. Іншим підходом до аналізу отриманих даних органолептичного аналізу є порівняння фактичного набору частот з гіпотетичним значенням, для цього найкраще підійде розподіл *хі-квадрат*. Для цього можна застосувати формулу, запропоновану дослідниками М. А. Amerine і Е. В. Roessler [18]:

$$\chi^2 = \frac{(|O_1 - E_1| - 0,5)^2}{E_1} + \frac{(|O_2 - E_2| - 0,5)^2}{E_2} \quad (3.65)$$

де, O_1 – кількість правильних результатів, отриманих у тестуванні
 O_2 – кількість неправильних варіантів, отриманих у тестуванні
 E_1 – очікувана кількість правильних відповідей, яка становить добуток загальної кількості досліджень (n) помножену на ймовірність (p) випадкового вибору правильної відповіді відповідно до типу застосовуваного тесту:

$p = 0,100$ для тесту «два з п'яти».

$p = 0,500$ для тесту «дуо-тріо» та порівняльних тестів на основі вибору з двох взірців

$p = 0,333$ для тесту «трикутник»

E_2 – очікувана кількість неправильних варіантів, яка відповідає добутку загальної кількості досліджень (n) помноженої на

ймовірність ($q = 1 - p$) випадкового вибору неправильної відповіді відповідно до типу застосовуваного тесту:

$q = 0,900$ для тесту «два з п'яти».

$q = 0,500$ для тесту «дуо-тріо» та порівняльних тестів на основі вибору з двох взірців

$q = 0,667$ для тесту «трикутник»

У формулу (3.65) внесено поправку на безперервність, яка становить $(-0,5)$, вона необхідна, бо розподіл χ^2 є безперервним, а частоти, що спостерігаються в органолептичних дослідженнях, є цілими числами. У зв'язку з цим, статистичне наближення може знаходитися в межах точності $\frac{1}{2}$.

Використання тестів на виключення дозволяє встановити статистичну достовірність відмінності двох продуктів за сенсорними характеристиками, таким чином, ступені свободи для цього типу аналізу дорівнюють одиниці ($f = 1$). У зв'язку з цим, критичне значення χ^2 при ймовірності 95% становить 3,84, що необхідно враховувати при інтерпретації даних згідно формули (3.65). Наприклад, проведено органолептичне дослідження готового продукту, виготовленого за новою рецептурою, використовуючи тест «дуо-тріо». Сформовано експертну групу з 50 дегустаторів, при цьому 24 з них правильно встановили новий продукт. Для прийняття рішення щодо впровадження нової рецептури у виробництво необхідно розрахувати значення χ^2 .

$$\begin{aligned} E_1 &= 50 \cdot 0,5 = 25 \\ E_2 &= 50 \cdot 0,5 = 25 \\ \chi^2 &= \frac{(|24 - 25| - 0,5)^2}{25} + \frac{(|26 - 25| - 0,5)^2}{25} = 0,02 \end{aligned}$$

Отримане значення χ^2 менше критичного значення при ймовірності 95%, а тому новий продукт достовірно не відрізняється від продуктів, виготовлених за попередньою рецептурою. Для підтвердження зворотного твердження мінімальна кількість правильних відповідей повинна була б становити – 33.

Третім способом статистичної оцінки отриманих результатів органолептичного аналізу продукції є *нормальний розподіл*. Так, Н. Stone і J. L. Sidel [70, 71] у своїх роботах розробили формулу для інтерпретації даних порівняльних тестів на основі вибору з декількох взірців:

$$z = \frac{X - np - 0,5}{\sqrt{npq}} \quad (3.66)$$

де, X – кількість правильних відповідей.

p – ймовірність випадкового вибору правильної відповіді відповідно до типу застосовуваного тесту: $p = 0,100$ для тесту «два з п'яти»; $p = 0,500$ для тесту «дуо–тріо» та порівняльних тестів на основі вибору з двох взірців; $p = 0,333$ для тесту «трикутник»

q – ймовірність ($q = 1 - p$) випадкового вибору не правильної відповіді відповідно до типу застосовуваного тесту: $q = 0,900$ для тесту «два з п'яти»; $q = 0,500$ для тесту «дуо–тріо» та порівняльних тестів на основі вибору з двох взірців; $q = 0,667$ для тесту «трикутник».

n – загальна кількість відповідей.

Як і при розрахунку значення χ^2 , необхідно зробити поправку безперервності на «-0,5», також схожість у аналізі даних з розподілом χ^2 -квадрат пов'язана із використанням однакових вхідних даних. Так, критичне значення z для одностороннього тесту при ймовірності у 95% становить 1,645.

Окрім вибору методу статистичної обробки результатів, перед керівником експертної комісії постає питання щодо використання найбільш ефективного методу оцінки органолептичних показників продукції. Для оцінки такої ефективності методики або, як зазначається в іноземних публікаціях, «сили» («power») методу можна використати принцип статистичної перевірки гіпотези, який було описано вище по тексту. Таким чином, ефективність тесту може бути визначена як ймовірність встановлення свідомої різниці між представленими взірцями продукції або, з точки зору статистики, це ймовірність прийняття правильного рішення, що дві вибірки достовірно відрізняються. Факторами, які визначають потужність тесту ϵ :

- фактична різниці між вибірками;
- значення показника альфа (α);
- кількість членів експертної комісії.

Як вже зазначалося раніше, впровадження статистичної оцінки будь-яких результатів дослідження у виробничій лабораторії носить значний економічний ефект для підприємства це також стосується і оцінки ефективності методу контролю флейвору продукції. Для візуалізації цього наведемо такі приклади.

Виробник молочної продукції хоче переконатися в тому, що нова заквашувальна культура забезпечує кращу консистенцію сметани у порівнянні з попередньою. Перед дослідженням керівник дегустаційної комісії встановив, що ймовірність помилки типу I буде прийнятною при $\alpha=0,01$, тобто шанс зробити помилку I

типу становить 1 до 100. Для перевірки гіпотези проведено органолептичне дослідження продукції і дані вказують на те, що нульову гіпотезу слід відхилити. Керівник експертної комісії стикається з двома статистичними можливостями:

- нульова гіпотеза хибна, і її слід відхилити – нова заквашувальна культура забезпечує кращу консистенцію для продукту;
- нульова гіпотеза правильна, а під час дослідження допущено помилку першого типу – нова заквашувальна культура не забезпечує кращу консистенцію для продукту.

Зазвичай, для такого типу досліджень можливість допущення помилки I типу мінімізується, тому показник його «сили» не має визначальної ролі при інтерпретації отриманих даних.

Зовсім інша ситуація для інтерпретації даних дослідження, метою якого є встановити схожість між двома продуктами. Наприклад, для підвищення маржі продукту підприємство приймає рішення замінити дорогий фруктовий наповнювач для йогуртів на дешевший аналог, однак працівники маркетингу не хочуть, щоб споживач відчув різницю в продукті. Для перевірки цієї гіпотези проведено тест «трикутник», при цьому дані показали, що нульову гіпотезу не слід відкидати. Аналогічно як і в попередньому прикладі, перед керівником експертної комісії стоїть вибір:

- нульова гіпотеза вірна – продукти не відрізняються за органолептичними показниками;
- нульова гіпотеза хибна – зразки помітно відрізняються, але було допущено помилку типу II. Для підтвердження дотримання всіх вимог до об'єктивної оцінки взірців продукції необхідно, щоб «потужність» тесту була максимальною.

Розрахунок показника «потужності» органолептичного тесту є складним, бо враховуються суб'єктивні фактори – відчуття смаку продукту. Одним з найефективніших підходів для забезпечення достовірності отриманих результатів сенсорного аналізу є використання великої вибірки ($n = 50$ або більше). Велика вибірка забезпечить об'єктивність інтерпретації отриманих даних та дозволить перевірити ті припущення, які були введені у рівняння розрахунку «потужності» тесту.

На сьогоднішній день у цьому напрямку статистики є напрацювання ряду авторів, які розробили власні формули для розрахунку «потужності» органолептичних тестів, а результати представили у вигляді таблиць [34, 54, 68]. Кожна з цих систем розрахунку є унікальною та відрізняється одна від одної, причиною чого є

прийняття різних за цифровим вираженням припущень, а незначні відмінності зумовили розбіжності у розрахунках «потужності».

Такий скрупульозний підхід до статистичної обробки результатів лабораторних досліджень та їх подальшої інтерпретації продиктований негативними тенденціями в молочній промисловості України. Впродовж періоду з 1990 року до 2022 року спостерігається неухильна тенденція до зменшення загальної чисельності поголів'я худоби молочного напрямку (рис. 3.14). Так, за цей час кількість корів скоротилася у 5,1 рази – з 8527,6 тис. до 1673 тис., якщо ж розглянути період з 2011 до 2021, то цей показник становитиме 1,57 рази, а у порівнянні з 2020 роком скорочення чисельності складе 1,07 рази або 115 тис. корів.

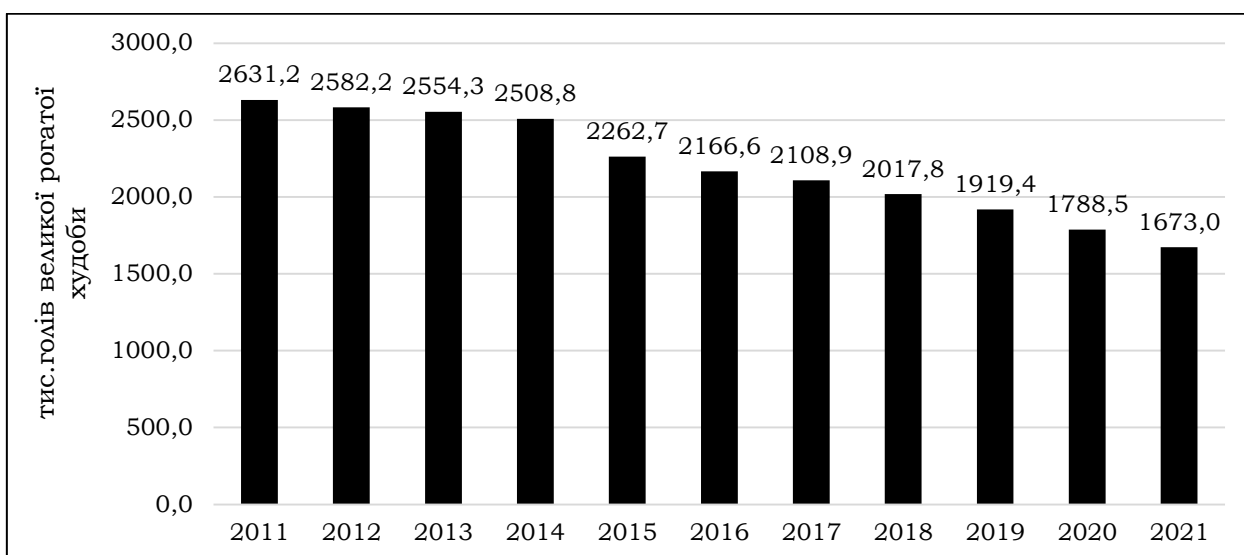


Рис. 3.14. Статистичні показники зміни кількості поголів'я рогатої худоби в Україні у період з 2011 року до 2021 року за [42]

Джерело: [42]

Аналогічну тенденцію можна спостерігати і для виробництва кількості молока-сировини (рис. 3.15). Тим не менш, співвідношення між статистичними показниками різних років не складає такої різниці, як для поголів'я рогатої худоби. Окрім цього, із даних на рисунку 3.15 видно, що у період 2011–2013 спостерігалася зростання кількості молочної сировини, але впродовж наступних семи років кількість молока незбираного зменшилася у 1,20 рази, а при порівнянні 2019 та 2020 року цей економічний показник знизився на 399,6 тис. т, що становить 4,14% від показника 2019 року.

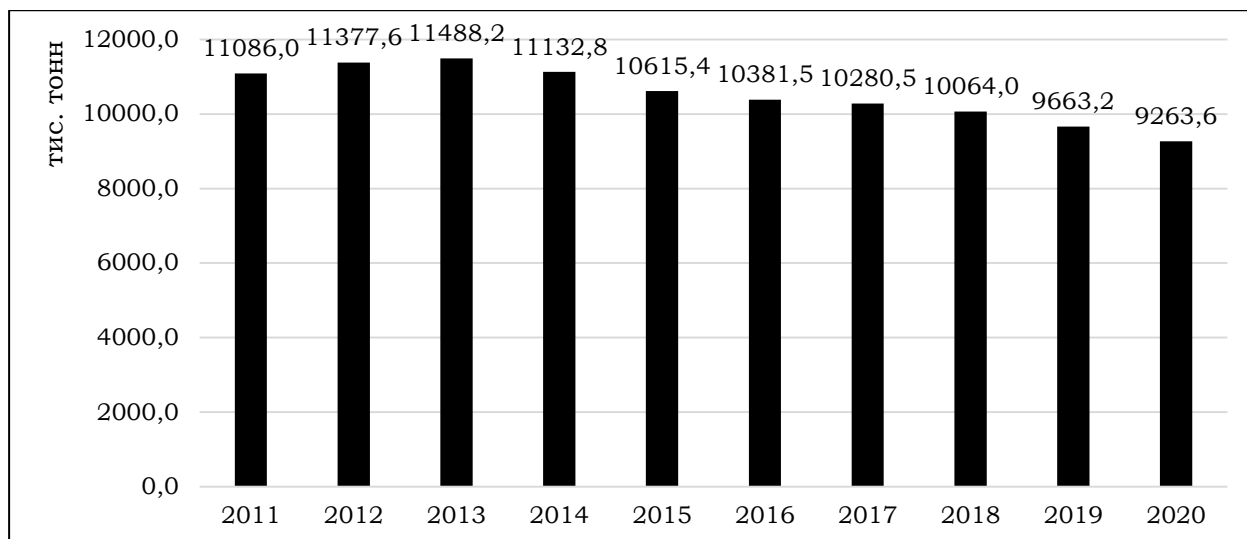


Рис. 3.15 Статистичні показники зміни кількості молока незбираного в Україні у період з 2011 року до 2020 року

Джерело: [42]

Незважаючи на збільшення потужностей окремими молочно-товарними комплексами, основні області-лідери з виробництва молока коров'ячого незбираного продемонстрували скорочення виробництва: Полтавщина та Черкащина на 1,9% та 6,4% що у перерахунку на натуральні кілограми склало, відповідно, 263,8 і 193,5 тис. т. Натомість приріст виробництва молока спостерігається в Тернопільській (78,3 тис. т; +13,6%), Херсонській (33,2 тис. т; +7,8%) та Вінницькій (150,4 тис. т; +5,5%) областях [43].

Не меншого значення набуває якість молочної сировини, адже для виготовлення якісної продукції як за органолептичними характеристиками, так і за максимально довгим терміном її придатності резервування молока ґатунку «Екстра» стає лімітуючим фактором для молокопереробного підприємства. Згідно даних «Державної служби статистики України» станом на 23.01.2022 за 9 місяців 2021 року кількість молока цієї якості у порівнянні з аналогічним періодом 2020 року зросла з 670567 тонн до 716026 тонн, аналогічна тенденція спостерігається і для молочної сировини ґатунку «Вищий» – збільшення з 649626 тонн до 658777 тонн. Натомість частка молока I ґатунку та не ґатункового знизилася, що вказує на підвищення якості молочної сировини на ринку України.

Тим не менш, загальна частка молока коров'ячого незбираного станом на період січень-вересень 2021 року скоротилася на 10,3% порівняно з аналогічним періодом 2020 року і склала 2140357 тонн. Якщо ж зробити перерахунок на базисні одиниці, то цей показник становитиме 9,3%, при збереженні подібної тен-

денції – зменшення фактичної кількості молока, але збільшення вмісту основних нутрієнтів – жиру та білку, можливо, молочні компанії зможуть підвищити свою ефективність у випуску продукції на одиницю сировини.

На сьогоднішній день на молочному ринку України присутні два основних постачальники молочної сировини – господарства (ферми) та населення держави. Якщо проаналізувати скорочення кількості виготовленої молочної сировини у розрізі її постачальників, то частка молока від підприємства знизилася на 5,7%, тоді як від населення – на 24,7%. Така тенденція має дуалістичний вплив на молочну галузь України загалом, адже зниження долі сировини від населення зменшить частку не якісної продукції, бо лише незначна кількість сировини від цих постачальників гатунку «Вищий». З іншого боку, така ситуація матиме негативний вплив на молокопереробні підприємства через монополізацію ринку молока великими конгломератами та, відповідно, відсутністю можливості диверсифікації постачання сировини. Підтвердженням чого є зростання ціни на молоко від сільськогосподарських тварин за 9 місяців 2021 року на 19%, порівняно з 2020 роком.

Негативний вплив на молочну промисловість склали як вказані вище обставини, так і ряд інших факторів:

- епідемічний стан в Україні та світі;
- не вирішене питання безпеки;
- різке підвищення цін на енергоносії;
- імпорт молочної продукції з країн ЄС.

Це зумовило, наприклад, за 8 місяців 2020 р. зменшення загального виробництва молочної продукції на 3%, що в перерахунку становить 45 тис. т, а свіжої кисломолочної продукції було виготовлено лише 271,2 тис. т, що на 23,65% менше, порівняно з аналогічним періодом минулого року. Також наша економіка зазнала втрат і в напрямку експорту молочних продуктів, так, в 2020 році Україна втратила звання нетто-експортера, а за підсумками року, зовнішньоторговельне сальдо склало – 77,6 млн. доларів (рис. 3.16).

Аналогічно імпорт кисломолочних продуктів за 2020 рік склав 14 млн. доларів або +54,8% в порівнянні з 2019 р., а сирів – на 210,5 млн. доларів або +93,3%. А експорт за основними для України молочними групами мав такий характер:

- молоко та незгущені вершків – зменшення на 21,3%;
- згущене молоко – зменшення на 27,5%;

вершкове масло – зменшення на 36,5%;
молочна сироватка – збільшення на 21,5%;
казеїн – збільшення на 161,8%.

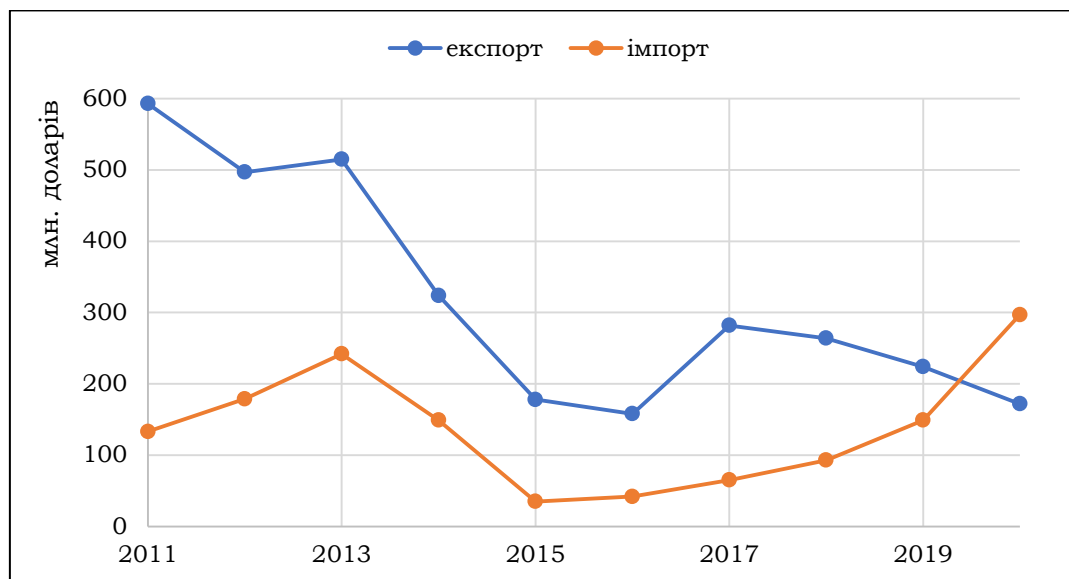


Рис. 3.16. Статистичні показники імпорту та експорту молочних продуктів Україною в період з 2011 до 2020 року

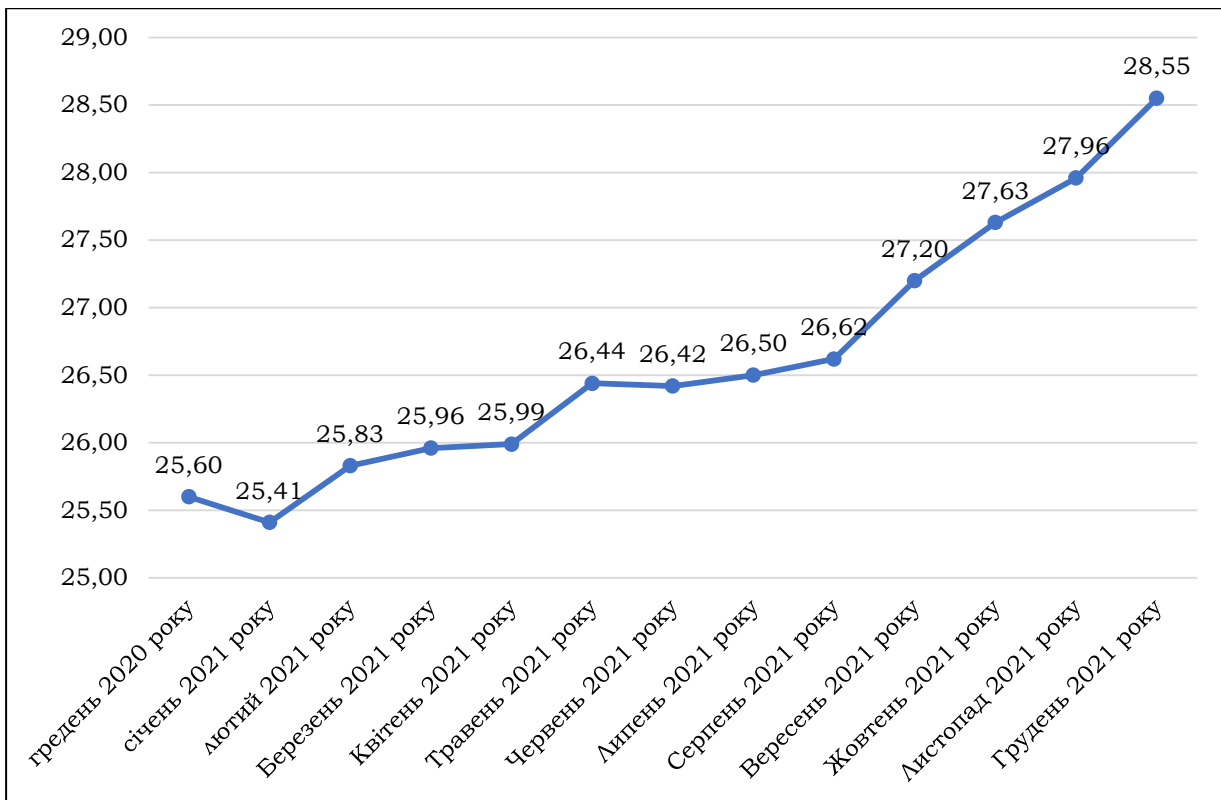
Джерело: [42]

Приріст експорту останніх двох продуктів обумовлений підвищенням ціни на світовому ринку та коливанням курсу долара на ринку України.

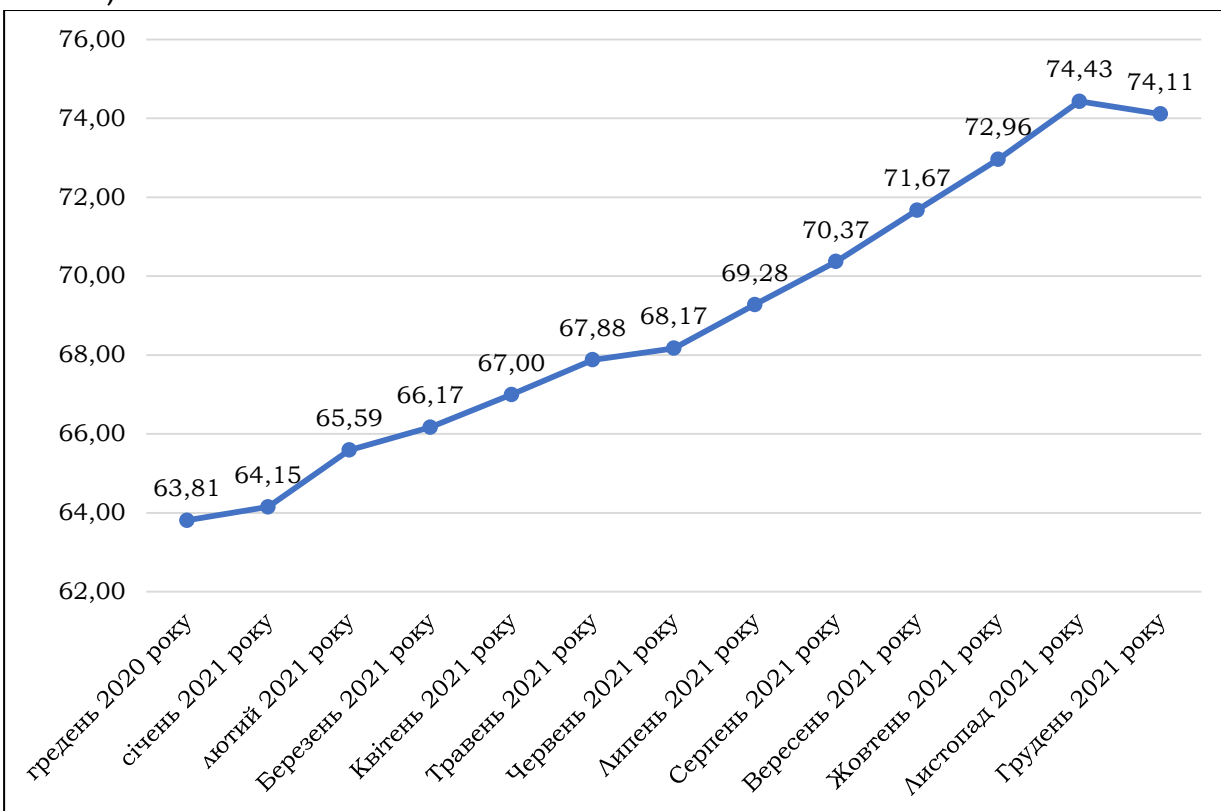
У 2021 році спостерігалось скорочення темпів експорту молокопродукції, найбільш показовим було зниження продажу продукції у серпні минулого року – експорт сухого знежиреного молока зменшився у 2 рази, а вершкового масла і сухої сироватки – майже на чверть.

Окрім цього, вказані чинники мають негативний вплив і на внутрішній ринок молочної продукції, що виражається у підвищенні цін на продукцію (рис. 3.17). Така тенденція з паралельним зниженням купівельної спроможності українців зумовить зменшення реалізації продукції вітчизняними виробниками та збільшення імпорту дешевшої продукції з інших країн.

Таким чином, для підвищення ефективності та конкурентоздатності молокопереробні підприємства повинні використовувати статистичний аналіз лабораторних досліджень та приймати рішення лише на основі достовірних даних, адже хибна інтерпретація показників може мати негативні наслідки для всього підприємства.



а)



б)

Рис. 3.17. Зростання цін на 1кг молока пастеризованого жирністю до 2,6% (а) та на 1кг сметани жирністю до 15% (б) впродовж 2021 року

Джерело: [42]

Висновки до розділу 3

1. Точність досліджень для будь-якого підприємства є пріоритетним, так як дозволяє ефективно використовувати вкладені кошти. Особливо гостро це питання стоїть перед молокопереробними підприємствами України, адже ціна на молочну сировину станом на 2022 рік є вищою, у порівнянні з попереднім роком, саме тому використання високоточних методів її аналізу дозволить забезпечити конкурентоздатність на ринку молочних продуктів.

2. Наявність систематичних похибок у результатах досліджень зумовить як фінансові, так і репутаційні втрати для підприємства. Враховуючи складну ситуацію на молочному ринку нашої країни, такі втрати для молокопереробного підприємства можуть бути фатальними, саме тому необхідно забезпечити статистичний аналіз застосовуваних методів для впевненості у власній продукції.

3. Тест на розподіл або тести відповідності призначені для того, щоб вирішити, чи сумісні експериментальні дані із заздалегідь визначеним розподілом ймовірностей, який, зазвичай, характеризується одним або кількома параметрами. Априорі, всі отримані дані дослідники розглядають як нормальний розподіл, що, з точки зору емпірики, не завжди є правильно. Саме тому для аналізу отриманих даних можна використовувати критерій χ^2 -квадрат, який використовується для будь-якого розподілу, і тест Д'Агостіно (*D'Agostino K^2 test*), який рекомендується для оцінки нормальності набору даних.

4. Істинність є ключовим поняттям, яке кілька міжнародних організацій та союзів – IUPAC, ISO 5725 і ЄС згідно рішення 2002/657/ЄС, уніфікують у єдину дефініцію, яка стосується роботи аналітичних методів та інтерпретації результатів. Істинність зазвичай виражається в термінах відхилення, яке поєднує всі компоненти систематичної похибки.

5. Інструментальне калібрування є важливим етапом у багатьох процедурах вимірювання як для кількісного визначення окремого показника в пробі, так і для формування загальної оцінки якості виготовленої продукції. Згідно поняття «калібрувальна модель» – це перевірка реакції приладу на зразок з відомими характеристиками з можливим внесенням змін у його роботу (т. зв. «коефіцієнт поправки»), щоб привести прилад до відповідного значення. З іншого боку, «стандартизація» – характеристика реакції вимірювального інструменту відповідно до відомих властивостей зразка, яка здійснюється за допомогою «калібрувальної кривої». Ці два терміни часто помилково вживаються як синоніми.

Література

1. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии. Москва: Экономика, 1982. 256 с.
2. Азгальдов Г. Г., Костин А. В., Садовов В. В. Квалиметрия для всех: учеб. пособие. М.: ИнформЗнание, 2012. 165 с.
3. Азгальдов Г. Г., Костин А. В., Садовов В. В. Квалиметрия: первоначальные сведения. Справочное пособие с примером для АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов»: учебное пособие. М.: Высш. шк., 2011. 143 с.
4. Андрианов Ю. М., Субетто А. И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. Ленинград: Машиностроение, 1990. 216 с.
5. Барвинок В. А., Годлевский В. Е., Стрельников Е. А. Менеджмент качества в машиностроении: системы, методы, инструменты: учеб. пособие под общ. ред. чл.- корр. РАН В. А. Барвинка. М.: Наука и технологии, 2008. 384 с.
6. Барвинок В. А., Чекмарёв А. Н., Еськина Е. В. Роль квалиметрии в повышении конкурентоспособности изделий машиностроения. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 6. С. 165–171.
7. Барвинок В. А., Чекмарёв А. Н., Рыжков А. И. Основы обеспечения качества сложных изделий в процессе производства. Проблемы машиностроения и автоматизации. 1997. № 3-4. С. 70–74.
8. ГОСТ ИСО 5725-5:2005. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерения. [Чинний від 23.04.2002]. Вид. офіц. Москва: ГОССТАНДАРТ, 2002. 61 с.
9. ГОСТ Р 50779.11. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL (78471). [Чинний від 23.12.1999]. Вид. офіц. Москва: ГОССТАНДАРТ, 1999. 84 с.
10. Друкер П. Ф. Эффективный управляющий / перевод на русский язык Мкервали А. М., 2004. 368 с.
11. Кириллов О. Е., Лисиенко В. Г. Количественный анализ управляемости и его применение к приближенной декомпозиции линейных динамических систем. Автоматика и телемеханика. 1997. № 1. С. 47–56.
12. Смелая О. В., Смелая Е. В. Квалиметрия. учебное пособие. Красноярск: СибГАУ, 2006. 152 с.
13. Хвастунов Р. М., Феофанов А. Н., Корнеева В. М., Нахапетян Е. Г. Квалиметрия в машиностроении: учебник. М.: Экзамен, 2009. 285 с.
14. Чекмарёв А. Н. Квалиметрия и управление качеством. Ч. 1. Квалиметрия: учеб. пособие. Самара: Изд-во СГАУ, 2010. 172 с.
15. Чекмарёв А. Н., Буткевич Р. В. Оценка качества продукции на динамически развивающихся рынках. Методы менеджмента качества, 2007. № 12. С. 31–37.
16. Чекмарёв А. Н., Буткевич Р. В., Платошин Л. П. Проблема обеспечения точности качества продукции. Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. № 1. С. 29–36.
17. Ad-Hoc Blocked Design for the Robustness Study in the Determination of Dichlobenil and 2,6-Dichlorobenzamide in Onions by Programmed Temperature Vaporization-Gas Chromatography–Mass Spectrometry / Herrero A. et al. J. Chromatogr. 2014. Vol. 1370. P. 187–199.
18. Amerine M. A., Roessler E. B. Wines: Their sensory evaluation. Second Edition. San Francisco, CA.: W.H. Freeman & Co. 432 p.

19. Amoore J. Directions for preparing aqueous solutions of primary odorants to diagnose eight types of specific anosmias. *Chemical Senses and Flavour*. 1979. Vol. 4. P. 153–161.
20. Analytical Methods Committee, Robust Statistics-How Not to Reject Outliers, Part 1. Basic Concepts. *Analyst*. 1989. Vol. 114. P. 1693–1697.
21. Analytical Methods Committee, Robust Statistics-How Not to Reject Outliers, Part 2. Inter-laboratory Trials. *Analyst*. 1989, Vol. 114. P. 1699–1702.
22. Andrés M., Luna del Castillo A.J.D. *Bioestadística para las ciencias de la salud*. Spain: Norma Capitel Madrid. 2004. 240 p.
23. Antinone M. A., Lawless H. T., Ledford R. A., Johnston M. The importance of diacetyl as a flavor component in full fat cottage cheese. *Journal of Food Science*. 1994. Vol. 59. P. 38–42.
24. Arce M. M., Sanllorente S., Ortiz M. C., Sarabia L. A. Easy-To-Use Procedure to Optimise a Chromatographic Method. Application in the Determination of Bisphenol-A and Phenol in Toys by Means of Liquid Chromatography with Fluorescence Detection. *J. Chromatogr.* 2018. Vol. 1534. P. 93–100.
25. Armstrong N., Hibbert D. B. An Introduction to Bayesian Methods for Analyzing Chemistry Data, Part 1: An Introduction to Bayesian Theory and Methods. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 2009. Vol. 97. P. 194–210.
26. Basker D. Polygonal and polyhedral taste testing. *Journal of Food Quality*. 1980. Vol. 3. P. 1–10.
27. Commission Decision (EC), No 2002/657/EC of 12 August 2002 Implementing Council Directive 96/23/EC Concerning the Performance of Analytical Methods and the Interpretation of Results. *Off. J. Eur. Commun.* 2002. L221. P. 8–36.
28. Compendium of Analytical Nomenclature IUPAC, 3rd ed. / Inczédy J. et al. Baltimore: Pot City Press Inc. 2000. URL: https://media.iupac.org/publications/analytical_compendium.
29. D'Agostino, R. B., Stephens M. A. *Goodness-of-Fit Techniques*. New York: Marcel Dekker Inc. 1986. 551 p.
30. de Beer J. O., de Beer T. R., Goeyens L. Assessment of Quality Performance Parameters for Straight Line Calibration Curves Related to the Spread of the Abscissa Values Around their Mean. *Anal. Chim. Acta*. 2007. Vol. 584. P. 57–65.
31. Delgado-Aguilar M., Valverde-Som L., Cuadros-Rodríguez L. Solver, an Excel Application to Solve the Difficulty in Applying Different Univariate Linear Regression Methods. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 2018. Vol. 178. P. 39–46.
32. Determination of the Capability of Detection of a Hyphenated Method: Application to Spectroelectrochemistry / Herrero A. et al. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 2002. Vol. 61. P. 63–74.
33. Dux J. P. *Handbook of Quality Assurance for the Analytical Chemistry Laboratory*. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 1990. 203 p.
34. Ennis D. M. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies*. 1993. Vol. 8. P. 353–370.
35. Feinberg M. Validation of Analytical Methods Based on Accuracy Profiles. *J. Chromatogr.* 2007. Vol. 1158. P. 174–183.
36. Frijters J.E.R., Kooistra A., Vereijken P.F.G. Tables of d' for the triangular method and the 3-AFC signal detection procedure. *Perception and Psychophysics*. 1980. Vol. 27. P. 176–178.
37. García I., Sarabia L., Ortiz M. C., Aldama J. M. Usefulness of D-optimal Designs and Multicriteria Optimization in Laborious Analytical Procedures. Application to the Extraction of Quinolones From Eggs. *J. Chromatogr.* 2005. Vol. 1085. P. 190–198.
38. García I., Sarabia L. A., Ortiz M. C., Aldama J. M. Robustness of the Extraction Step When Parallel Factor Analysis (PARAFAC) is Used to Quantify

- Sulfonamides in Kidney by High Performance Liquid Chromatography-Diode Array Detection (HPLC-DAD)*. *Analyst*. 2004. Vol. 129 (8). P. 766–771.
39. González A. G., Herrador M. A. Accuracy Profiles from Uncertainty Measurements. *Talanta*. 2006. Vol. 70. P. 896–901.
40. Hampel F. R., Ronchetti E. M., Rousseeuw P. J., Stahel W. A. *Robust Statistics. The Approach Based on Influence Functions*. Zurich: John Wiley & Sons, Inc. 2005. 502 p.
41. *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A.* / Massart D. L. et al. Amsterdam: Elsevier. 1997. 453 p.
42. <http://www.ukrstat.gov.ua>.
43. <https://kurkul.com/spetsproekty/1179-moloko-ta-molochni-produkti-geografiya-prodajiv-importeri-obsyag-eksportu-i-virobnitstva>.
44. Huber P. J., Ronchetti E. M. *Robust Statistics. Second Edition*. New York: Wiley. 2009. 386 p.
45. Huber W. On the Use of the Correlation Coefficient r for Testing the Linearity of Calibration Functions. *Accred. Qual. Assur.* 2004. Vol. 9. P. 726.
46. ISO 11843. *Capability of Detection. Part 1. Terms and Definitions, and Part 2. Methodology in the Linear Calibration Case*. Geneva: International Organisation for Standardisation, Switzerland. 2000. 30 p. URL: <https://archive.org/details/gov.in.is.iso.11843.2.2000/page/n7/mode/2up>.
47. ISO 14156:2001 [IDF 172:2001] *Milk and milk products - Extraction methods for lipids and liposoluble compounds*. Geneva: International Organisation for Standardisation, Switzerland. 2001. 18 p. URL: https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/Publications/Sold/Standards/Francais/IDF-172--ISO-14156-2001-f-Amendment.pdf.
48. ISO 5725. *Accuracy Trueness and Precision of Measurement Methods and Results, Part 1. General Principles and Definitions*. Geneva: International Organisation for Standardisation, Switzerland. 1994. 28 p.
49. ISO 8402:1994. *Quality management and quality assurance*. Geneva: International Organisation for Standardisation, Switzerland. 1994. 39 p.
50. ISO 9000:2000. *Quality management systems*. Geneva: International Organisation for Standardisation, Switzerland. 2000. 39 p.
51. IUPAC *Recommendation Guidelines for Calibration in Analytical Chemistry. Part 1 Fundamentals and Single Component Calibration*. *Pure Appl. Chem.* 1998. Vol. 70. P. 993–1014.
52. Kuttatharmakull S., Massart D. L., Smeyers-Verbeke J. Comparison of Alternative Measurement Methods. *Anal. Chim. Acta.* 1999. Vol. 391. P. 203–225.
53. Lawless H. T. A comparison of different methods used to assess sensitivity to the taste of phenylthiocarbamide (PTC). *Chemical Senses*. 1980. Vol. 5. P. 247–256.
54. Macrae A. W. Confidence intervals for the triangle test can give reassurance that products are similar. *Food Quality and Preference*. 1995. Vol. 6. P. 61–67.
55. Meilgaard M., Civille C. V., Carr B. T. *Sensory Evaluation Techniques, Fourth Edition*. FL: CRC, Boca Raton. 2006. 464 p.
56. Moreno E., Girón F. J. On the Frequentist and Bayesian Approaches to Hypothesis Testing (with discussion). *Stat. Oper. Res. Trans.* 2006. Vol. 30(1). P. 3–28.
57. Munk A., Hwang J.T.G., Brown L. D. Testing Average Equivalence. Finding a Compromise Between Theory and Practice. *Biom. J.* 2000. Vol. 42(5). P. 531–552.
58. Ortiz M. C., Herrero A., Sanllorente S., Reguera C. *The Quality of the Information Contained in Chemical Measures*. Servicio de Publicaciones Universidad de Burgos: Burgos. 2005. 258 p.
59. Ortiz M. C., Sarabia L. A., Sánchez M.S. Tutorial on Evaluation of Type I and type II Errors in Chemical Analyses: From the Analytical Detection to Authentication of Products and Process Control. *Anal. Chim. Acta.* 2010. Vol. 674. P. 123–142.

60. Ortiz M. C., Sarabia L. A., Sánchez M. S., Herrero A. *Quality of Analytical Measurements: Statistical Methods for Internal Validation*. Chemical and Biochemical Data Analysis. Spain: Elsevier. 2020. P. 1–52.
61. *Quality Control in Analytical Chemistry*. CITAC and Eurachem. 2002. 54 p. URL: https://www.citac.cc/CITAC_EURACHEM_GUIDE.pdf.
62. Rhodes I. B. *Some quantitative measures of controllability and observability and their implications*. *Contr. Int. Fed. Autom. Contr.* 1981. P. 24–28.
63. *Robustness Testing in the Determination of Seven Drugs in Animal Muscle by Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry* / Oca M. et al. *Chemom. Intel. Lab. Syst.* 2016. Vol. 151. P. 172–180.
64. Rodríguez N., Ortiz M. C., Sarabia L. A. *Study of Robustness Based on N-Way Models in the Spectrofluorimetric Determination of Tetracyclines in Milk When Quenching Exists*. *Anal. Chim. Acta.* 2009. Vol. 651. P. 149–158.
65. Roessler E. B., Pangborn R. M., Sidel J. L., Stone H. *Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired difference, duo-trio and triangle tests*. *Journal of Food Science.* 1978. Vol. 43. P. 940–941.
66. Rousseau B., Rogeaux M., O'Mahony M. *Mustard discrimination by same-different and triangle tests: aspects of irritation, memory and tau criteria*. *Food Quality and Preference.* 1999. Vol. 10. P. 173–184.
67. Sanz M. B., Ortiz M. C., Herrero A., Sarabia L. A. *Robust and Non Parametric Statistic in the Validation of Chemical Analysis Methods*. *Quím. Anal.* 1999. Vol. 18. P. 91–97.
68. Schlich P. *Risk tables for discrimination tests*. *Food Quality and Preference.* 1993. Vol. 4. P. 141–151.
69. Sena M. M., Trevisan M. G., Poppi R. J. *Combining Standard Addition Method and Second-Order Advantage for Direct Determination of Salicylate in Undiluted Human Plasma by Spectrofluorimetry*. *Talanta.* 2006. Vol. 68. P. 1707–1712.
70. Stone H., Sidel J. L. *Computing exact probabilities in sensory discrimination tests*. *Journal of Food Science.* 1978. Vol. 43. P. 1028–1029.
71. Stone H., Sidel J. L. *Sensory Evaluation Practices, Third Edition*. New York: Elsevier. 2004. 374 p.
72. *Study of the Effect of the Presence of Silver Nanoparticles on Migration of Bisphenol A From Polycarbonate Glasses into Food Simulants* / Reguera C. et al. *Chemom. Intel. Lab. Syst.* 2018. Vol. 176. P. 66–73.
73. Thompson M., Wood R. J. *International harmonized protocol for proficiency testing of (chemical) analytical laboratories*. *Assoc. Off. Anal. Chem. Int.* 1993. Vol. 76. P. 926–940.
74. *Using Total Error as Decision Criterion in Analytical Method Transfer* / Dewé W. et al. *Chemom. Intel. Lab. Syst.* 2007. Vol. 85. P. 262–268.
75. Van Dooren P. *The generalized eigenstructure problem in linear systems theory*. *IEEE Trans. on Autom. Control.* 1981. V. AC-26. № 1. P. 111–129.
76. Verdon E., Hurtaud-Pessel D., Sanders P. *Evaluation of the Limit of Performance of an Analytical Method Based on a Statistical Calculation of its Critical Concentrations According to ISO Standard 11843: Application to Routine Control of Banned Veterinary Drug Residues in Food According to European Decision*. *Accred. Qual. Assur.* 2006. Vol. 11. P. 58–62.
77. Whiting R., Murray S., Ciantic Z., Ellison K. *The use of sensory difference tests to investigate perceptible colour-difference in a cosmetic product*. *Color Research and Application.* 2004. Vol. 29. P. 299–304.
78. Youden W.J. *Statistical Techniques for Collaborative Tests*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. 1972. 60 p.

РОЗДІЛ IV.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Аналіз логістики щоденного транспортування через призму загальної концепції транспорту

На тлі глобальних зміни – світової пандемії COVID 19 та війни, дедалі жорсткіша конкуренція на ринку молочної продукції в Україні, з іншого боку, багато підприємств нашої країни для забезпечення прибутку шукають споживачів на світовому ринку, що змушує виробників відповідати вимогам клієнта та бути ефективним. Логістика є одним з етапів мінімізації витрат і підвищення прибутку для бізнесу, тим не менш, при транспортуванні молочної продукції ключовою ланкою є холодовий ланцюг, який зберігає її якість і захищає від впливу ряду факторів: температура, вологість, ультрафіолет та інші специфічні забруднення. Застосування холодового ланцюга в логістиці молочної сировини та готової продукції є необхідною умовою для молочної галузі, тому вкрай важливим є вивчення структури витрат на логістику холодового ланцюга та фактори, на які вона впливає, дозволить компанії виявити глибокі причини високих витрат на логістику та розробити можливу оптимізацію витрат для відповідних ланок холодового ланцюга.

Як уже не одноразово зазначалося на показники якості сирого молока можуть впливати не лише стан здоров'я ВРХ, санітарний стан утримання і доїння корів, а й час і температура зберігання і транспортування молока незбираного [143]. У ряді досліджень [42, 136] здійснено аналіз факторів зміни якості молочної сировини, при цьому показано, що одним із основних є транспортування. Для дотримання умов транспортування молока молокопереробні компанії використовують спеціальний транспорт

з холодильною системою що нівелює перепади температури і зміни в мікробіологічному забрудненні молока [49].

Одним з перших і затверджених на законодавчому рівні аспектів перевезення молока є навантаження на дорожнє покриття. На сьогоднішній день державою закріплені обмеження по масі транспортного засобу, який може рухатися по дорожньому полотні. З іншого боку, сам транспортний засіб, а саме його надійність і комплектація, є ще одним важливим аспектом транспортування молочної сировини необхідної якості та без втрат для молокопереробної компанії. Не менш важливим для європейських країн, але для підприємств нашої країни цей аспект знаходиться на останньому місці – екологія. Частково, це питання було розглянуто при аналізі «продуктової» милі та вказано на подвійну вигоду для підприємства з використання нового автопарку. Виходячи з аналізу наукової літератури окремі проблемні аспекти транспортування сирого молока можна вирішити за допомогою технологічних рішень та впровадження комп'ютерних технологій:

- впровадження системи трекінгу та постійного моніторингу за транспортним засобом;
- забезпечення транспортних засобів датчиками температури, для моніторингу температури молочної сировини;
- планування маршрутів за допомогою системи GPS або інших систем.

Не менших вимог до логістичного процесу і забезпечення збереження холодового ланцюга вимагає до себе транспортування готової продукції молокопереробних підприємств. Таким чином, основним завданням для забезпечення якості сировини і готової продукції є моніторинг умов їх транспортування. Яскравим прикладом оцінки втрат при транспортуванні харчових продуктів на різних етапах їх обробки є робота [78], в якій зазначено, що у США близько 40% виготовленої харчової продукції утилізується, що у грошовому вираженні становить 165 мільярдів доларів. Найчастішими причинами втрат є не відповідні температурні режими транспортування або зберігання, що призводить до оціночних втрат у дистрибуції та роздрібній торгівлі близько 12% [29]. Таким чином, С. Vigneault з колегами [169] показали, що належне пакування і вчасне транспортування продуктів у контейнерах може зменшити втрати лише до 5%.

Можна виділити ряд факторів, що впливають на холодовий ланцюг транспортування молока і молочної продукції [8]:

1. *Вибір маршруту транспортування.* Споживачі молочних продуктів, здебільшого, зосереджені в містах, у той час як молочні

ферми розташовані поблизу невеличких сіл для ефективної роботи господарства. У зв'язку з цим як молочну сировину, так і готову продукцію необхідно транспортувати на великі відстані та у великих кількостях. Побудова вискоєфективної інформаційної системи логістики холододового ланцюга з повним ланцюгом поставок забезпечить ефективне управління і знизити витрати на логістику холододового ланцюга [180].

2. *Витрати на спеціальні транспортні засоби.* Технологія логістики холододового ланцюга для виробників молочної продукції нашої країни знаходиться на початковому етапі, тому багато компаній не оновлюють наявний автомобільний парк, що зумовлює значні витрати на забезпечення необхідного температурного режиму перевезення продукції [184].

3. *Моніторинг дотримання умов транспортування продукції.* Перевезення продукції з коротким терміном придатності, в тому числі молочної, передбачає постійний моніторинг її температури, саме тому використання транспортних засобів з можливістю охолодження повітря є недостатнім для управління усім холододовим ланцюгом. Для реалізації цього пункту необхідно впровадити сучасні механізми детекції показників та обробки отриманих даних, що підвищить ефективність управління логістичним процесом та знизить втрати компанії [138].

4. *Кваліфікований персонал.* Для ефективної організації та управління холододовим ланцюгом необхідне не лише сучасне обладнання та програмне забезпечення, а й кваліфікований персонал, який здатний його обслуговувати та приймати необхідні рішення для мінімізації втрат компанії. Такий персонал повинен мати як необхідні теоретичні знання, так і практичні навички, а також займатися самоосвітою та аналізом поступу технологічного обладнання для оптимізації наявної системи контролю [80].

5. *Низька конкуренція в напрямку ZPL.* Логістика третьої сторони для забезпечення холододового ланцюга молока на території нашої країни, практично, не розвинута, а тому молокопереробні підприємства самі формують свій автомобільний парк та забезпечують відповідність умов транспортування продукції. Такий підхід, не розвинена мережа обслуговування та відсутність інноваційних підходів до моніторингу температурних режимів транспортування зумовлюють величезний вплив на якість і своєчасність постачання молочних продуктів, а також підвищують витрати на логістику холододового ланцюга та втрату товарів [177].

Аналіз потенційних втрат при перевезенні молочної сировини і готової продукції проведено на одному з молочних підприємств західного регіону України. Перевірку логістичного ланцюга було проведено за допомогою методу аналізу ієрархії «Analytic Hierarchy Process (АНР)», який дозволяє складне, абстрактне, багатоцільове рішення розкласти на окремі якісні або кількісні показники-індикатори різних рівнів [174]. Для цього було розроблено окрему шкалу «важливості» показників та кожному з них було присвоєно відповідне значення, а за допомогою матриці суджень встановлено внесок кожного з них у загальне вирішення.

Виділено основні фактори, які впливають на витрати на логістику молочного харчового ланцюга і представлено у формі ієрархічної структури на рис. 4.1.

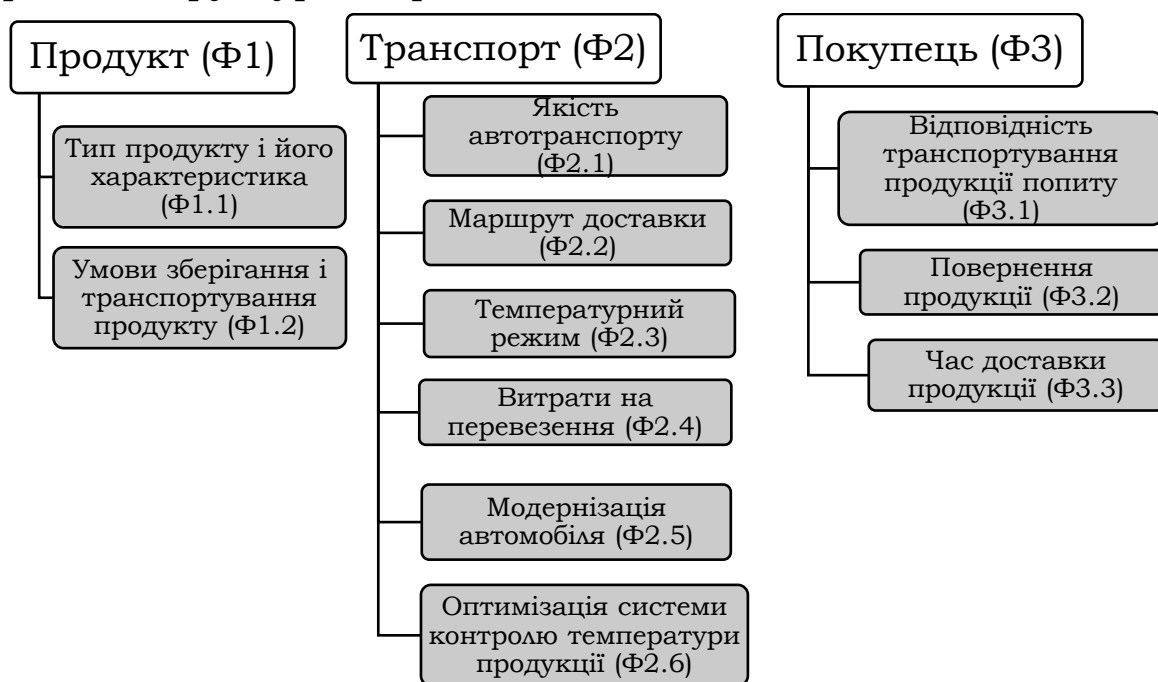


Рис. 4.1. Фактори, які впливають на витрати на логістику холодного молочного харчового ланцюга.

Джерело: розроблено автором

Для аналізу «важливості» цих факторів розроблено числову шкалу, яка апроксимує лінгвістичні змінні (табл. 4.1).

Для отримання достовірних даних для аналізу холодного ланцюга створено крос-функціональну групу з п'яти спеціалістів, які за допомогою числової шкали з таблиці 6 здійснили аналіз факторів, вказаних у рисунку 8. Статистичну обробку даних здійснено згідно принципів аналізу матриці даних та АНР методу [137], для цього використано ряд формул:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (4.1), \text{ формула для побудови матриці суджень}$$

$$\Pi_i = \prod_{j=1}^n P_{ij} \quad (4.2)$$

$F_i = \sqrt[n]{\Pi_i}$ (4.3), де F – фактор перерахунку "важливості" кожного показника

$$W_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^i F} \quad (4.4) \text{ – значення важливості кожного елемента}$$

Таблиця 4.1

Числова шкала, яка апроксимує лінгвістичні змінні оцінки факторів логістики холодного молочного харчового ланцюга

Числовий показник	Лінгвістичне вираження
1	При порівнянні два фактори рівноцінні
2	Деякі аналітики (□50%) вибрали перший фактор важливішим за інший
3	Перший фактор для більшості аналітиків (□50%) є важливішим за інший
4	Перший фактор для більшості аналітиків (□75%) є важливішим за інший
5	Перший фактор для усіх аналітиків є важливішим за інший

Джерело: [8]

У зв'язку з відсутністю чітких критеріїв експерти здійснюють оцінку на основі наявних даних та емпіричного досвіду, саме тому проведено перевірку об'єктивності отриманих результатів, їх логічність та відсутність протиріч. Для цього отримані дані проаналізували за допомогою «consistency test»:

$$CR = \frac{CI}{CR} \quad (4.5)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{N - 1} \quad (4.6)$$

Перший аналіз проведено для встановлення важливості факторів Ф1-Ф3 у загальних втратах компанії на холодовому ланцюзі перевезення молочної продукції, отримані дані представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати парного аналізу важливості факторів Ф1-Ф3 у загальних втратах компанії на холодовий ланцюг перевезення молочної продукції

	Експерт 1			Експерт 2			Експерт 3			Експерт 4			Експерт 5		
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф1	Ф2	Ф3	Ф1	Ф2	Ф3	Ф1	Ф2	Ф3	Ф1	Ф2	Ф3
Ф1	1	2	4	1	3	3	1	2	3	1	4	5	1	3	5
Ф2	1/2	1	2	1/3	1	1	1/2	1	2	1/4	1	2	1/3	1	1
Ф3	1/4	1/2	1	1/3	1	1	1/3	1/2	1	1/5	1/2	1	1/5	1	1
	$\lambda_{max} = 3,0;$ CR= 0			$\lambda_{max} = 3,0033$ CR= 0,0028			$\lambda_{max} = 3,0055$ CR= 0,0047			$\lambda_{max} = 3,0246$ CR= 0,0212			$\lambda_{max} = 3,0251$ CR= 0,0216		

Джерело: розроблено автором

Результати аналізу факторів другого порядку, які відносяться до Ф1 «Продукт» представлені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

**Результати аналізу факторів другого порядку,
які відносяться до Ф1 «Продукт»**

	Експерт 1		Експерт 2		Експерт 3		Експерт 4		Експерт 5	
	Ф 1.1	Ф 1.2	Ф 1.1	Ф 1.2	Ф 1.1	Ф 1.2	Ф 1.1	Ф 1.2	Ф 1.1	Ф 1.2
Ф 1.1	1	1/4	1	1/2	1	1/2	1	1	1	1/4
Ф 1.2	4	1	2	1	2	1	1	1	4	1
	$\lambda_{\max} = 2,0$ CR= 0		$\lambda_{\max} = 2,0049$ CR= 0		$\lambda_{\max} = 2,0049$ CR= 0		$\lambda_{\max} = 2,0$ CR= 0		$\lambda_{\max} = 2,0$ CR= 0	

Джерело: розроблено автором

Результати аналізу факторів другого порядку, які відносяться до Ф2 «Продукт» представлені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

**Результати аналізу факторів другого порядку,
які відносяться до Ф2 «Транспорт»**

	Експерт 1						Експерт 2					
	Ф2.1	Ф2.2	Ф2.3	Ф2.4	Ф2.5	Ф2.6	Ф2.1	Ф2.2	Ф2.3	Ф2.4	Ф2.5	Ф2.6
Ф2.1	1	1/2	1/5	1/3	1/4	1/3	1	2	2	1	2	1/3
Ф2.2	2	1	1/2	2	1/4	3	1/2	1	1/3	1/2	2	1/2
Ф2.3	5	2	1	2	1/2	3	1/2	3	1	1	2	1/4
Ф2.4	3	1/3	1/2	1	1/3	4	1	2	1	1	1/3	1/2
Ф2.5	4	4	2	3	1	5	1/2	1/2	1/2	3	1	1/3
Ф2.6	3	1/3	1/3	1/4	1/5	1	3	2	4	2	3	1
	$\lambda_{\max} = 6,3976$ CR= 0,0641						$\lambda_{\max} = 6,6118$ CR= 0,0987					
	Експерт 3						Експерт 4					
	Ф2.1	Ф2.2	Ф2.3	Ф2.4	Ф2.5	Ф2.6	Ф2.1	Ф2.2	Ф2.3	Ф2.4	Ф2.5	Ф2.6
Ф2.1	1	1/2	1/4	1/3	1/5	3	1	1	1/2	1/4	1/3	1/2
Ф2.2	2	1	1/2	2	1	3	1	1	1/4	1/2	1/2	1/3
Ф2.3	4	2	1	2	1/2	5	2	4	1	1/2	1/3	1/4
Ф2.4	3	1/3	1/2	1	1/3	1	4	2	2	1	1/3	1/4
Ф2.5	5	1	2	3	1	5	3	2	3	3	1	1/2
Ф2.6	1/3	1/3	1/5	1	1/5	1	2	3	4	4	2	1
	$\lambda_{\max} = 6,3725$ CR= 0,0601						$\lambda_{\max} = 6,8143$ CR= 0,1313					
	Експерт 5											
	Ф2.1	Ф2.2	Ф2.3	Ф2.4	Ф2.5	Ф2.6						
Ф2.1	1	1/2	1/4	1/3	1/5	2						
Ф2.2	2	1	1/2	1	1	5						
Ф2.3	4	2	1	2	1/2	4						
Ф2.4	3	1	1/2	1	1/3	1						
Ф2.5	5	1	2	3	1	5						
Ф2.6	1/2	1/5	1/4	1	1/5	1						
	$\lambda_{\max} = 6,3843$ CR= 0,062											

Джерело: розроблено автором

Результати аналізу факторів другого порядку, які відносяться до ФЗ «Покупець» представлені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

**Результати аналізу факторів другого порядку,
які відносяться до ФЗ «Покупець»**

	Спеціаліст 1			Спеціаліст 2			Спеціаліст 3			Спеціаліст 4			Спеціаліст 5		
	ФЗ.1	ФЗ.2	ФЗ.3	ФЗ.1	ФЗ.2	ФЗ.3	ФЗ.1	ФЗ.2	ФЗ.3	ФЗ.1	ФЗ.2	ФЗ.3	ФЗ.1	ФЗ.2	ФЗ.3
ФЗ.1	1	1	3	1	4	2	1	2	4	1	2	3	1	2	5
ФЗ.2	1	1	2	1/4	1	1/4	1/2	1	1	1/2	1	2	1/2	1	2
ФЗ.3	1/3	1/2	1	1/2	4	1	1/4	1	1	1/3	1/2	1	1/5	1/2	1
	$\lambda_{\max} = 3,0154$ CR= 0,077			$\lambda_{\max} = 3,0536$ CR= 0,0268			$\lambda_{\max} = 3,0004$ CR= 0,0002			$\lambda_{\max} = 3,0055$ CR= 0,0028			$\lambda_{\max} = 3,0055$ CR= 0,0028		

Джерело: розроблено автором

Відповідно до прийнятого принципу аналізу даних методу [182], якщо $CR \leq 0,1$ то отримані дані є логічними і не суперечать загальній меті дослідження. Таким чином, усі показники окрім даних Експерта № 4, представлених у таблиці 4 будуть враховані у подальшому аналізі.

Для ранжування вказаних вище факторів розраховано їхній вклад, результати представлені у таблиці 4.6

Таблиця 4.6

**Результати ранжування факторів логістики холодного
молочного харчового ланцюга**

Фактори першого порядку	«Важливість»	Фактори другого порядку	«Важливість»	Загальний показник «важливості»	Ранг фактору
Ф 1	0,2333	Ф 1.1	0,2063	0,0481	9
		Ф 1.2	0,7927	0,1849	1
Ф 2	0,6109	Ф 2.1	0,0914	0,0558	8
		Ф 2.2	0,1549	0,0946	4
		Ф 2.3	0,2193	0,1339	3
		Ф 2.4	0,1135	0,0693	7
		Ф 2.5	0,2789	0,1704	2
		Ф 2.6	0,1421	0,0868	5
Ф 3	0,1557	Ф 3.1	0,5436	0,0846	6
		Ф 3.2	0,2609	0,0406	10
		Ф 3.3	0,1955	0,0304	11

Джерело: розроблено автором

Із отриманих даних видно, що основними п'ятьма факторами, які впливають на холодний ланцюг доставки молочної продукції є:

- Умови зберігання і транспортування продукту;
- Оптимізація системи контролю температури продукції;
- Модернізація автомобіля;
- Температурний режим;
- Маршрут доставки.

Відповідно до отриманих даних необхідно зосередити увагу на оптимізації вказаних вище факторів.

Для початку необхідно окреслити об'єкт аналізу, таким чином, в цьому підрозділі буде розглянуто поняття «логістика молочної сировини» або «Milk Run». Дефініцією цього поняття може слугувати характеристика, надана М. Vaudin [15] – приймання та постачання сировини чи матеріалів у визначений час за фіксованими маршрутами. З цього визначення можна зробити висновок про ключову характеристику цієї системи для концепції транспорту – детермінування поставок відповідно до графіку та з вказаною періодичністю, яка зумовлена як фізіологією молокопродуктивних тварин, так і роботою заводу.

Законодавчих актів, які б регламентували принципи побудови системи транспортування молока в нашій країні немає. В Україні впроваджені загальні принципи якості та безпечності молока, які вказані в Регламенті ЄС 853/2004, а також відображені в ДСТУ 3662:2018, наприклад, щодо температури сировини. Саме тому, вихідною транспортною концепцією обрано нормативний документ «Projektgruppe Standardbelieferungsformen», розроблений та впроваджений у Німеччині у 2008 році. На основі цього нормативного акту Німецька асоціація автомобільної промисловості (Verband der Automobilindustrie (VDA)) впровадила ряд основних підходів для побудови логістики перевезень:

1. **«Транспортування з точки в точку».** Найпростіший принцип побудови транспортування вантажів, який передбачає надання водію-експедитору точної інформації про місце і час завантаження\розвантаження товару, а також його габарити та характеристики. Цей підхід до транспортування можна розділити на два типи відповідно до кількості товару для перевезення:

- *повне завантаження вантажівки («full truck loads (FTL)»).*

Цей тип перевезень характеризується однією точкою завантаження продукції, маса або габарити якої наближаються до максималь-

но допустимих значень. Згідно Директиви Ради 96/53/ЄС від 25.07.1996 максимальна вага вантажівки, а, отже, і вантажу, залежатиме від кількості осей в цьому транспортному засобі. Якщо розглядати габарити вантажу, то для застосування цього підходу він повинен перевищувати 11 вантажних метрів.

– не повне завантаження вантажівки («less than truck loads (LTL)») передбачає декілька точок завантаження автомобіля вантажем. В цьому типі перевезення водій-експедитор має додаткове обов'язки щодо правильного обліку прийнятого товару, оформлення усіх товаро-транспортних накладних та, відповідно, відвантаження кожного товару отримувачу.

2. Консолідована система транспортних перевезень на певній території. Передбачає наявність логістичного центру, який організовує перевезення товарів не лише для одного клієнта чи на окремо взятій території, а й між окремими підприємствами чи країнами. Окрім цього, цей підхід до логістики передбачає центр консолідації товарів, що дозволяє ефективно використовувати транспортні і людські ресурси, які, зазвичай, є субпідрядниками з фіксованим тарифом оплати. Таким чином, оптимальна організація транспортних перевезень логістичним центром забезпечить не лише виконання замовлення клієнта, а й економію коштів при його виконанні.

3. Транспортування молочної сировини («Milk runs») – третя концепція організації транспортування продукції згідно Verband der Automobilindustrie, яка характеризується не лише визначеним маршрутом і постачальниками, а й необхідністю дотримання вимог транспортування молочної сировини та здійсненням водієм первинного вхідного контролю молока або формування репрезентативної проби для подальшого дослідження. Таким чином, можна зробити ряд узагальнень щодо цього напрямку логістики [123]:

– транспортування молочної сировини є циклічним процесом, який визначається поголів'ям стада та умовами проміжного зберігання молока, виходячи з цих даних встановлюється періодичність збору молочної сировини для її переробки.

– основним способом транспортування молочної сировини водієм-експедитором є підхід LTL, тим не менш, маршрут для нього формується виходячи з тоннажу автомолцистерни та ґатунків молочної сировини на господарствах. Тим не менш, для великих господарств з високою якістю молока практикується перевезень FTL.

– планування доставки молочної сировини здійснює молокопереробне підприємство. Одним з найбільш ефективних підходів є побудова стандартних маршрутів збору молочної сировини виходячи з наявного транспортного парку.

Систематичний підхід до формування транспортних перевезень молочної сировини можна знайти в праці F. Klug [99] в якій автор виділяє статичні та динамічні маршрути:

– статичні молочні маршрути – це фіксовані маршрути по часу, кількості постачальників та об'єму молочної сировини, що здійснює молокопереробне підприємство зі стабільною періодичністю.

– динамічні молочні маршрути – формуються підрозділом логістики молокопереробного підприємства виходячи з наявного автопарку, об'єму молочної сировини та її якості.

Аналіз основних концепцій побудови молочного транспортування виходячи з понять LTL і FTL здійснений рядом дослідників [24, 124], тим не менш, вони ґрунтуються на формуванні тарифної системи для водія-експедитора, яку описала у своїй праці M. A. Krajewska [105]. Загалом, авторка виділяє три основних способи тарифікації перевезень:

– вартість транспортування розраховується відповідно до кількості пройденого шляху автомобілем або затраченого на виконання перевезення часу;

– встановлюється фіксований тариф «оренди» автомобіля на певний проміжок часу, наприклад, день, тиждень, місяць, без врахування пройденого шляху чи тоннажу.

– гнучкий тариф оплати з врахуванням маси товару та відстані для його транспортування. Необхідно зазначити, що витрати на транспортування великої партії товару на значну відстань будуть нижчі, в порівнянні з попередніми варіантами тарифікації перевезень. Таким чином, така дегресивна структура витрат стимулює консолідацію замовлень та формування більших транспортних партій.

Виходячи з досліджень J. P. Kempkes та співавторів графіки на рисунку 4.2 можна охарактеризувати як пряму залежність між вагою/об'ємом продукції та ціною перевезення. Таким чином, графік L1 відображає цю залежність без жодних додаткових умов, тоді як L2 – при наявності додаткових знижок на вагу продукції. Окрім цього, тариф може залежати не лише від ваги, а й від габаритів товару, якщо розміри товару буду знаходитися у прямій

залежності від його маси, то можна побачити формування графіку S1, якщо ж товари не мають прямої залежності об'єму від маси, то графічне відображення функції тариф/вага-об'єм продукції представлена графіком S2.

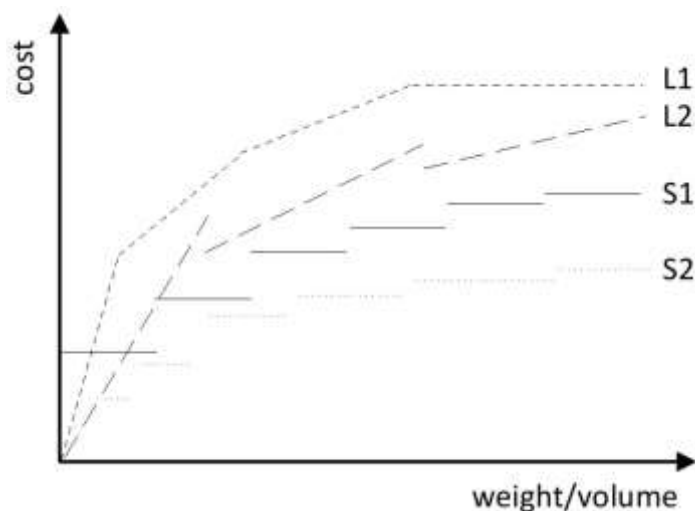


Рис. 4.2. Формування тарифних витрат компанії при застосуванні гнучкої системи перевезення товарів

Джерело: [95]

Для вибору основної концепції транспортування продукції необхідно розглянути чотири взаємопов'язаних характеристики логістичного процесу [123]

– *Планування оптимального маршруту транспортування* – передбачає наявність навичок у представників логістичного центру компанії побудови оптимального маршруту перевезення з врахуванням різних аспектів: дорожніх, погодних, тощо;

– *Ефективність застосування консолідації* – у разі можливості використовувати можливість залучення третьої сторони для надання їй послуг транспортування по створеному маршруту. Такий підхід дозволяє зменшити витрати компанії на перевезення власної продукції та забезпечить репутацію для можливості використання аналогічних логістичних схем для отримання невеликих замовлення;

– *Прямолінійність використання* – можливість використання транспортного засобу для здійснення перевезення незначних об'ємів товарів у проміжок між процесом розвантаження/завантаження. Як і для процесу, описаного вище, такий підхід збільшить ефективність використання транспортного засобу та зменшить необхідність застосування інших автомобілів для, наприклад, внутрішніх перевезень.

– *Регулярність процесу транспортування* – забезпечує розуміння водія-експедитора частоти виїздів та шляху транспортування продукції. Таким чином, можна виділити регулярні та не регулярні перевезення.

Загалом можна стверджувати, що для планування перевезень логістичний центр повинен бути забезпечений передовими технологіями трекінгу за перевізником, а також кваліфікованими кадрами для забезпечення ефективного планування транспортного ланцюга. Особливо, це необхідно при щоденному плануванні не регулярних перевезень товарів і молочної сировини. При цьому, ефективність побудованого логістичного маршруту визначатиметься як прямими витратами, закладеними у паливно-мастильних матеріалах та оплаті роботи водія-експедитора, так і прихованих – необхідність не запланованого ремонту автомобіля чи затримки на маршруті через не якісно вибраний маршрут перевезення.

Якщо розглядати логістичні перевезення молочної сировини з точки зору надійності та якості молока, то регулярні перевезення є більш ефективними у порівнянні з не регулярними. Це, перш за все, дозволяє молочному господарству організувати роботу для забезпечення необхідної кількості сировини для завантаження або, у разі форс-мажорних обставин, внести зміни у маршрут водія-експедитора. З іншого боку, молочне підприємство може вибрати для забезпечення виконання перевезень на цьому маршруті автомолцистерну відповідного об'єму, що забезпечить ефективність використання палива при транспортуванні молока. А також забезпечує третій аспект – відповідну якість молочної сировини за мікробіологічними показниками для виготовлення високоякісної продукції.

Впровадження стабільних молочних маршрутів дозволить підприємству отримати необхідну статистичну інформацію щодо основних даних ефективності виконання перевезення сировини:

- час виконання маршруту;
- витрата пального;
- загальний час не запланованих зупинок транспортного засобу;
- часові рамки викачування молочної сировини з холодильника у секції автомолцистерни.

Ці дані дозволяють оцінити ефективність роботи кожного водія-експедитора на цьому маршруті, знайти найбільш оптималь-

ну схему процесу і стандартизувати її для забезпечення стабільно високого рівня ефективності перевезення.

Тим не менш, регулярні маршрути доставки молочної сировини є ефективними для молокопереробних підприємств, які щоденно переробляють значний об'єм сировини або співпрацюють з великими господарствами, які щоденно продукують більше 20 тонн сировини. В такому випадку підприємство може застосувати найпростіший, але і найбільш ефективний підхід до перевезень «транспортування з точки в точку».

З огляду на все вище зазначене, вибір логістичної моделі транспортування молочної сировини з точки зору економічного ефекту є складним, адже він нерозривно зв'язаний не лише з географією розміщення господарств, а й з ґатунком молочної сировини, яку вони постачають. Саме тому вкрай важко сформулювати стабільний маршрут з точки зору регіонального розміщення молочних ферм без врахування об'єму їх надоїв та наявного автопарку, щоб мінімізувати втрати для компанії. З іншого боку, надзвичайно важко прорахувати фінансовий ефект для компанії впровадження менш ефективних, але мало варіабельних маршрутів транспортування сировини, у порівнянні з прогнозованою і стабільною роботою всього молочногo підприємства, і навпаки.

Таблиця 4.7

Позитивні та негативні наслідки передачі логістичного напрямку перевезень на аутсорсинг

Позитивні наслідки	Негативні наслідки
Зменшення експлуатаційних витрат на обслуговування автомобілів	Залежність від постачальника
Зменшення персоналу, який займається перевезеннями або залучення їх до інших напрямків роботи логістики	Відкриття конфіденційної інформації про постачальників молочної сировини зовнішнім організаціям
Оптимізація та модернізація процесу виміру витрат на перевезення	Можлива відсутність додаткових ресурсів постачальника при розширенні об'єму переробки сировини компанією
Підвищення якості перевезень	Соціальний ризик та можливі репутаційні втрати
Перетворення постійних витрат у змінні	Приховані втрати компанії

Джерело: [139]

З іншого боку, ряд авторів [89, 139] зосередилися на можливості застосування аутсорсингу не лише для надання транспорту при перевезеннях, а й їх планування. Усі можливі позитивні і негативні наслідки для компанії, яка прийняла рішення віддати

логістичний напрям перевезень на аутсорсинг, представлені у таблиці 4.7.

Н. Hsiao та співавтори [89] при аналізі цього питання виділили також і інші позитивні аспекти:

- зосередження підприємства на власних компетенціях;
- зменшення витрат на автоматизацію процесу аналізу руху автомобілів в он-лайн режимі, а також персоналу, який здійснює моніторинг;
- використання компетенцій та зв'язків зовнішньої компанії для вирішення додаткових внутрішніх питань.

Незважаючи на значну кількість переваг цього процесу, необхідно виділити серйозні можливі негативні наслідки для компанії, а саме:

- залежність від компанії перевізника, яка, будучи монополістом, може диктувати умови договору. Для молокопереробного підприємства, яке працює цілодобово та впродовж всього року постачання сировини є критичним етапом, при цьому деверсифікація цього процесу проходитиме довго, а її результати можуть бути задовільними.
- зниження кваліфікаційного рівня працівників підприємства у цьому процесі зумовить не лише посилення залежності від зовнішньої компанії, а й зменшення можливості аналізу витрат на транспортування та виявлення прихованих чи не обґрунтованих платежів.

Таким чином, оцінка всіх позитивних і негативних наслідків для компанії, враховуючи вплив цього рішення на виробничі процеси та компанію загалом є вкрай складна і потребує побудови математичних розрахунків, що показано в праці Iris Neckmann [83].

На сьогоднішній день розроблено ряд підходів до формування логістичних ланцюгів постачання від сировини до готового продукту. Ключовою метою цих підходів, названих «управління ланцюгом поставок» (supply chain management (SCM)) є системний аналіз всіх ланок доставки та створення інтегрованого ланцюга постачання від сировини до готового продукту споживачу з максимальною ефективністю для підприємства, децентралізацією інвестиційного ризику, операційною підзвітністю та створення доданої вартості на цьому етапі [159]. Впровадження такої системи має індукційний ефект, який пошириться і на постачальників сировини, адже підприємство змістить свій фокус з вартості

одиниці сировини на підвищення ефективності транспортування, що забезпечить додатковий економічний ефект, окрім цього, отримана додаткова вартість дозволить компанії замовляти молочну сировину вищої якості або у більшому об'єму [17].

Загалом, координацію ланцюга постачань можна описати як довгострокову співпрацю сторін, які здійснюють регулювання висхідного чи низхідного потоку товару [41]. Основним завданням координації ланцюгів доставок є забезпечення максимальної оптимізації процесу та мінімізації змін системи з часом. Розроблена система повинна бути адаптивна як до не запланованих змін, так і до системної модернізації зі збереженням своєї ефективності або її збільшенням. Такий результат можна досягнути впроваджуючи новітні інформаційні технології, що полегшать планування та керування безперебійним потоком товарів і послуг по всьому ланцюжку доставки. Однак оптимізація підприємства зосереджена на продуктивності відділів та обробці зовнішніх транзакцій недостатньо гнучко, щоб полегшити спільну взаємодію. Однак, окрім технологічних змін, компанія повинна здійснити і структурну перебудову, бо роздроблена структура відділів, жорстка зосередженість на управлінні продуктом, а також неможливість відстежувати й обмежувати взаємодію з клієнтами перешкоджають оптимізованому управлінню потребами та послугами клієнтів [11]. Іншою проблемою, яку повинна вирішити компанія, є відсутність або порушення комунікаційного зв'язку між відділами, які беруть безпосередню участь в постачанні як сировини, так і готового продукту. Цей процес негативно впливає на швидкість прийняття рішень щодо впровадження змін у ланцюг постачання, що знижує його ефективність і може зумовити репутаційні втрати для підприємства. Загалом, можна виділити основні джерела проблем координації ланцюгів доставки: асиметрія інформації, децентралізоване прийняття рішень, взаємозалежність, невизначеність, обмежена раціональність і проблеми, пов'язані з поведінкою учасників ланцюга поставок (табл. 4.8).

Із таблиці 4.8 видно, що основним завданням SCM є забезпечення координації процесу транспортування товарів чи сировини та формування ефективних взаємовідносин між учасниками цього процесу, що забезпечить досягнення максимальної ефективності. Ефективним інструментом побудови транспортного ланцюжку та його регулювання є підписання контракту, що забезпечить централізовану роботу структурно не пов'язаних учасників

транспортування. Контракт дозволить досягнути двох основних цілей [170]:

- забезпечення ефективної роботи ланцюжка поставок, що підвищить економічний ефект процесу;
- розподіл ризику між учасниками ланцюга поставок.

Таблиця 4.8

Основні проблеми координації ланцюгів доставки

Проблеми при відсутності координації ланцюгів постачання	Ручна регуляція цін для досягнення подвійної маржі для товару або послуги транспортування
	Репутаційні втрати для компанії
	Неефективне використання ресурсів
	Локальна оптимізація
	Отримання неповної або недостовірної інформації
Проблеми впровадження координації ланцюгів постачання	Децентралізоване прийняття рішень
	Невизначеність у потрібних ресурсах та інформації
	Економічно не обґрунтована залежність учасників ланцюга постачання
	Вихід на перший план особистих інтересів
	Низька раціональність у прийнятті рішень
	Монополізація ринку виробника, відсутність конкурентних пропозицій, щодо постачання товарів або сировини
Цілі координації	Інтеграція різних підрозділів підприємства та учасників ланцюга поставок в єдину управлінську систему
	Створення загальних принципів прийняття рішень щодо регуляції ланцюга поставок, щоб досягнути глобальні цілі компанії та забезпечити користь кожному учаснику ланцюга поставок
	Підвищення економічної ефективності
	Відповідність попиту та пропозиції
	Створення більшого споживчого надлишку

Джерело: [11]

Для досягнення першої цілі контракту учасникам процесу необхідно розробити ефективний процес для досягнення фінансової вигоди кожній із сторін. Окрім цього, необхідно проаналізувати запропоновану схему щоб економічний ефект для кожного учасника був вищий, ніж він отримав би без контракту. Досягнення цієї цілі носитиме мотиваційний ефект дотримання усіх умов контракту для кожного з його учасників [11].

На сьогодні розроблено цілу низку стратегій для координації процесу доставки, тим не менш, більшість з них передбачає регулювання двоетапних ланцюгів поставок, приділяючи менше уваги розподілу додатково отриманих прибутків між учасниками

процесу. Таким чином, не існує унікальної стратегії координації, яка була б ефективною для всіх елементів ланцюга поставок, оскільки оперативна ефективність стратегії координації залежить від функцій учасників ланцюга.

Як зазначалося вище, координація між постачальником і покупцем є важливою операційною стратегією, яка повинна бути економічно вигідна для обох учасників. Більшість досліджень у цьому напрямку були зосереджені на розробці підходу розрахунку кількості замовлень, яка була б оптимальною для обох учасників процесу. На основі цього, була розроблена **«традиційна модель знижок»**, яка формувала взаємозв'язок між попитом і ціною на продукт. Наприклад, постачальник може знизити витрати на одиницю товару при виконанні певного об'єму замовлення, що дозволяє надати нижчу ціну покупцям, які збільшать попит на цей продукт. Таким чином, можна стверджувати, що дисконтна політика є системою стимулювання не лише для споживача, а й для виробника до модернізації виробничих потужностей та підвищення якості продукту, напівфабрикату чи сировини [157].

Багато досліджень пов'язаних з аналізом впливу знижок на кількість замовленого товару не враховують такі параметри як частота попит продукції, незважаючи на їх визначальний характер у ефективності виробництва [98, 125, 157]. Тим не менш, ряд дослідників використали ці стохастичні параметри для побудови математичних моделей прогнозування зміни ціни одиниці товару при введенні виробником дисконту. У своїй науковій роботі Z. K. Weng [176] вказує, що для виробника розподіл ймовірностей виробництва залежить від очікуваного попиту $m(p)$, який є зворотною функцією від ціни на цей продукт (p):

$$\int_0^x f_x(v|p) dv = F_x(x|p) = F_Y(y); y = x/m(p) \quad (4.7)$$

Окрім цього, значення $m(p)$ можна виразити і через інші константи:

k – константа гнучкості ціни на продукт (можливість зниження ціни);

D – константа розміру замовлень;

$$m(p) = Dp^{-k} \quad (4.8)$$

З рівняння (4.7) видно, що розподіл ймовірності $f_x(v|p)$ є функцією ціни продажу p .

Аналогічне рівняння можна побудувати і для розрахунку доходів від реалізації товару:

$$P(p, Q) = p \int_0^Q [1 - F_x(x|p)] dx - \int_0^Q [c - rF_x(x|p)] dx \quad (4.9)$$

З рівняння 4.9 видно, що для забезпечення прибутку необхідно розрахувати не лише ціну одиниці товару (p), а й кількість замовлення (Q). У формулі також враховані витрати на виготовлення продукту (cQ) та вартість нереалізованого товару на складі ($r(Q - x)$). Залишки можуть принести прибуток, якщо ($Q - x$) одиниць товару було реалізовано по знижці ($r > 0$); з іншого боку, залишки товару можуть принести додаткові втрати, якщо ($Q - x$) одиниць товару необхідно утилізувати за ціною ($r < 0$). Таким чином, теоретичний прибуток компанії можна представити рівнянням: $p_x - cQ + r(Q - x)$, а доданок $r(Q - x)$ відображає потенційний прибуток понад прогнозований попит, якщо ж він не реалізований, то отриманий прибуток дорівнюватиме ≤ 0 . Важливо зазначити, що це рівняння можна розширити введенням інших змінних – штрафних санкцій, які впливатимуть на маржинальність одиниці товару ($p - c$).

Для створення координаційної моделі нам необхідно прийняти припущення, що ціна виробництва замовлення становитиме значення v , яка є вищою за ціну утилізації одиниці товару, тобто $v > r$. Виходячи з цього, можна стверджувати, що співвідношення ціна товару/кількість товару виражатиметься кусково-лінійною функцією, а графічно може бути зображена аналогічно даним на рис. 4.1. Таким чином, можна стверджувати, що виробник може отримати додатковий економічний ефект через збільшення об'єму замовлення, який можна розрахувати, розділивши область можливих кількостей на різні інтервали, при яких функція витрат виробництва є лінійною. Виходячи з цієї ідеї, єдиним позитивним рішенням для виробника є забезпечення ціни одиниці товару (c), яка дорівнюватиме закупівельній ціні покупця. У разі виконання цієї умови загальний прибуток виробника залежатиме від кількості реалізованої продукції, а не від маржі товару:

$$P(c) = (c - v)Q(c) \quad (4.10)$$

У разі відсутності координації логістичних поставок та каналу зв'язку між покупцем та виробником, останній визначатиме ціну одиниці товару (c) на основі його прогнозу у кількості замовлення

$Q_p(c)$. Виходячи з цього, виробник сформує дві пропозиції ціни за одиницю товару – при $Q_p(c) < 0$ і $Q_p(c) > 0$; тобто, прослідковується зворотна залежність між ціною та об'ємом товару, що знову повертає нас до виконання умови рівняння (4.10).

Для розрахунку спільного прибутку як виробника, так і покупця можна використати наступне рівняння:

$$P(p, Q) = p \int_0^Q [1 - F_x(x|p)] dx - \int_0^Q [v - rF_x(x|p)] dx \quad (4.11)$$

Враховуючи рівняння 4.11 і той факт, що координована логістична схема передбачає необхідність максимальної вигоди для обох сторін $p_j \in [0,1]$, тобто оптимальне ціноутворення як для виробника (P_j), так і для покупця (Q_j) можна виразити такими співвідношеннями:

$$P_j = \frac{k}{k-1} \beta(z)v, k > 1 \quad (4.12)$$

$$Q_j = z \cdot D[\beta(z)v]^{-k} \cdot \left[\frac{k-1}{k}\right]^k, k > 1 \quad (4.13)$$

де, z – цифрове вираження ризику

Коефіцієнт β можна розрахувати згідно формули (4.14)

$$\beta(z) = \int_0^z \left[1 - \left(\frac{r}{v}\right) F_Y(y)\right] dy / \int_0^z [1 - F_Y(y)] dy \geq 1, v \geq r \quad (4.14)$$

Для розрахунку максимального прибутку (MP) для обох сторін логістичного процесу при координації замовлень необхідно використати формули (4.12–4.14):

$$MP(P_j, Q_j, z) = \left(\frac{D}{k}\right) [\beta(z)v]^{-k+1} \left[\frac{k-1}{k}\right]^k \int_0^z [1 - F_Y(y)] dy, k \geq 1 \quad (4.15)$$

Таким чином, оптимальне ціноутворення як для виробника (P_j) можна виразити через константу z :

$$P_j = 1 - F_Y(z^-) \geq 0$$

$$z^- = \int_0^z [1 - F_Y(y)] dy$$

Аналіз отриманих формул дозволяє зробити ряд висновків:

1. константа ризику є важлива при ймовірності не запланованих замовлень на продукцію компанії, особливо, якщо попит може бути збільшено при зниженні ціни, тобто, до коефіцієнту k ;

2. роль коефіцієнту z зростає за умов відсутності координації замовлень, що дозволить отримати додатковий профіцит запланованих доходів через задоволення «додаткового» попиту на продукцію;

3. у разі відсутності прямого впливу на попит зміни коефіцієнту k координація замовлень дозволяє отримати незначний прибуток як для покупця, так і для виробника. Результатом цього є той факт, що ціна на товар буде практично сталою і буде близькою до значення маржинальної вартості.

В іншому дослідженні [30] показано вплив мінливості попиту в ланцюжку поставок з одним постачальником і багатьма роздрібними продавцями, які стикаються з недетермінованим попитом. Автор стверджує, що гнучкість кількісної стратегії, яка здатна компенсувати цю проблему полягає у збільшенні інтервалу замовлення та розміру партії продукту, що забезпечує гнучкість виробництва і є найефективнішим способом зниження мінливості попиту постачальника.

Більш поширеним на сьогоднішній день підходом до координації логістичної взаємодії між учасниками цього процесу є **«контрактний підхід»**. Фактично, всю координацію каналів постачання можна описати рядом правил та умов для виконання, в тому числі: гнучкі знижки на ціну одиниці товару, об'єм партій, якість отриманого товару, умови повернення товару, умови відшкодування затрат. Таким чином, контрактний підхід дозволяє динамічно змінювати свої замовлення в різні періоди, що забезпечує ефективну роботу як виробника, так і покупця, який, у разі замовлення, наприклад, пакувальних матеріалів чи інгредієнтів, може орієнтуватися на зміни попиту кінцевого споживача і ефективно використовувати власні ресурси. Тим не менш, контрактний підхід також передбачає формування наслідків для кожного учасника логістичного процесу у разі його не виконання своєї частини угоди. Таким чином, цей підхід є корисним інструментом для забезпечення спільної роботи юридичних чи фізичних осіб у децентралізованому середовищі [68].

На відміну від традиційного підходу до формування замовлення, яка є незмінна, контрактний підхід є динамічною системою, а тому дозволяє вносити зміни у існуючий документ, у разі погодження зі всіма сторонами. Такі зміни можуть бути як зі сторони покупця, так і зі сторони виробника, все залежить від спільного аналізу ситуації на ринку та набутому емпіричному

досвіду учасників, який вони можуть конвертувати в додаткові умови в контракті, що забезпечить оптимізацію сформованої системи взаємодії. В основному, така опція в контракті пов'язана з точністю прогнозування попиту, яке надає лише чисельне вираження можливості продажів за певних економічних, соціальних і політичних умов в країні та світі, а гнучкість у логістичному процесі дозволить скоректувати узгодженні умови для адаптації кожної зі сторін та отримання зиску від цієї ситуації. Така практика пов'язана з кількісними вимірами замовлених одиниць товару в «мінімальній партії», частотою замовлень та якістю товару (розміри, склад товару, товщина, тощо), які першочергово в контракт вносить покупець, в свою чергу постачальник або виробник, у свою чергу, надає гнучкі умови для коректування цих показників з урахуванням найбільш оновленої та точної інформації про попит готового продукту [173].

Аналогічних висновків у своїй роботі дійшов R. S. Tibben-Lembke [168], який розглядав можливість використання математичного підходу до розрахунку оптимальної кількості товару чи вираження цього замовлення в грошовому еквіваленті перед підписанням контракту про його поставку. Цей підхід повинен був забезпечити максимальний дохід для обох сторін угоди, тим не менш, він є складний, бо передбачає врахування ряду змінних: попит, ціна, знижки, зобов'язання, доставка, штрафні санкції. Виходячи з цього автор вважає що опція, щодо гнучкості умов контракту є оптимальною для швидкої та вигідної обом сторонам їх зміни. У своїй роботі S. Spinler і A. Nuchzermeier [163] висловили думку про те, що гнучкість умов контракту захищає усіх учасників логістичного процесу від непередбачуваних змін економічного ринку та дозволяє швидко до них адаптуватися.

Іншим підходом до формування координації поставок є «розподіл доходів», між учасниками процесу згідно умов договору. Підтвердженням ефективності цього підходу є дослідження С. J. Corbett і G.A. DeCroix [40], які проаналізували математичну сторону такої співпраці на прикладі угод між «Ford Chicago Assembly Plant» і «PPG's Chemfil», яка передбачає фіксовану плату за автомобіль на основі минулорічних замовлень хімічних речовин і фіксовану річну плату за них. Необхідно зазначити, що автомобільна компанія не змінює об'єм поставок відповідно до потреб виробництва, тим не менш згідно контракту компанія PPG покриває певну частку витрат «Ford» на обробку та утилізацію надлишків хімікатів.

Іншим підходом до побудови логістичних взаємозв'язків між виробником і продавцем є двоступінчаста система замовлення та виробництва продукції [33]. На першому етапі виробник виконує замовлення нового асортименту продукції та надає його в роздрібну торгівлю, однак, згідно контракту продавець може зробити повторне замовлення пізніше – після аналізу попиту на продукт, що зменшить помилку прогнозу. Для забезпечення вигоди виробнику J. Chen і L. Xu [33] запропонували передбачити в контракті динамічні умови розподілу прибутку з реалізації товару.

Підтвердженням ефективності обміну інформації щодо попиту споживачів між продавцем і виробником є дослідження «MIT beer game», проведене Sterman J. [164]. Дослідник продемонстрував значний вплив флуктуаційного коливання попиту на усіх учасників логістичного процесу, який виражався у формування надлишків продукції на складі, що зумовлювало фінансові втрати не лише через його не реалізацію, а й через необхідність розробки схеми утилізації. Надалі, таку ситуацію було названо «ефектом батога» («bullwhip effect») [108], подальше вивчення цього ефекту дозволило розробити концепцію «стиснення часу» («time compression»), яка передбачала максимально ефективний процес передачі інформації між учасниками логістичного процесу за допомогою інформаційних технологій [134]. Тим не менш, подальші дослідження [85] продемонстрували, що незважаючи на ефективну передачу інформації та вибір різних стратегій замовлення продукції, останній учасник логістичного ланцюга буде нести найбільші витрати.

З розвитком комп'ютерної техніки та програмування все більше на передній план виходить прогностичний метод пошуку оптимального вирішення проблеми поставок продукції як моделювання [152]. Такий підхід дозволяє з максимальним наближенням до реальних умов здійснити імітацію процесу логістичного процесу та, змінюючи параметри системи, швидко отримати дані термінального етапу процесу та на їхній основі прийняти рішення про оптимальні параметри контракту, що забезпечить мінімізацію витрат усіх сторін поставок. Окрім цього, комп'ютерне моделювання, на відміну від традиційного математичного підходу, дозволяє проаналізувати системну динаміку зміни ланцюга доставки та зосередити свою увагу на вивченні причин можливих його змін [153].

Для забезпечення ефективності цього процесу розроблено [28, 111] ефективний метод за допомогою використання AI та системи з багатьма агентами («multi-agent simulation»). Однією з причин

використання системи з багатьма агентами для моделювання ланцюгів поставок є те, що вона представляє «агента» не як автономну одиницю зі стабільним набором характеристик, відповідно до його позначення («споживач», «перевізник», «виробник», тощо), а як комунікаційну платформу для обміну інформацією за допомогою протоколу координації або переговорів. Так, Brandolese A., Cartegni E. і Cigolini R. [28] за допомогою цього підходу продемонстрували, що застосування попередньо визначеного протоколу зв'язку дозволяє збільшити ефективність виробництва та реалізації продукції. У іншому дослідженні [69] автори продемонстрували ефективність цього підходу для визначення найефективнішого підходу до контролю запасів, щоб знизити експлуатаційні витрати системи, при цьому можна було б підтримувати високий рівень виконання замовлень клієнтів.

Використання комп'ютерного моделювання для прогнозування оптимальних параметрів логістичних доставок використовувалася і в теоретичних дослідженнях, так, команда науковців на чолі з С.Т. Ng [129] на основі програмного забезпечення довели, що високий рівень координації між учасниками доставок зумовлює значну економію загальних витрат. В іншому дослідженні [152] змодельовано кілька сценаріїв адаптації мультисекційної системи розподілу, для максимального задоволення потреб клієнтів через скорочення терміну виконання доставки.

4.2. Оптимізація логістики транспортування продукції та сировини

Методи ощадливого виробництва. Щодня на виробничому підприємстві будь-якого промислового спрямування відбувається зупинка технологічного процесу чи фасувальної лінії через дефіцит сировини, комплектуючих до обладнання або пакувальних матеріалів. Для відновлення виробництва реалізується один з таких сценаріїв [24]:

– відбувається перестановка робочої деталі з іншого робочого обладнання, яке зараз не задіяно або використано «замінник», який не вплине на якість продукції, але не відповідатиме вимогам компанії щодо цього товару. Такі зміни можуть зумовити затримку партії продукції для відвантаження або отриманні рекамацій щодо не відповідності заявленим характеристикам;

– у разі затримки доставки комплектуючих чи пакувальних матеріалів компанія направляє власний транспорт для його доставки, що, по-перше, зумовлює додаткові витрати на перевезення, а, по-друге, через додатковий час очікування якості харчового продукту може погіршитися, що може зумовити фінансові втрати компанії;

– продовжити техпроцес або фасування, якщо це не вплине на безпеку і якість кінцевого продукту, а після доставки, завершити виробництво. Наприклад, якщо відсутня етикетка для спожиткової тари фасування продукції відбудеться, але етап її поклейки буде пропущена. Після доставки матеріалу випуск продукції буде завершений, але це зумовить затримку в реалізації продукції, погіршення якості продукту через додаткове транспортування та фінансові втрати через додаткове залучення персоналу дільниці та обладнання.

– відбувається зупинка виробничого процесу чи фасувальної лінії, що зумовлює матеріальні втрати компанії через простій обладнання і персоналу, а також можливі втрати якості продукту через інтенсифікацію техпроцесу через необхідність виконання замовлення.

Будь-які простої, зниження ефективності роботи чи додаткова обробка вже готового продукту зумовлює фінансові втрати для компанії. Для зменшення втрат, причиною яких є проблеми з доставкою, для сучасного автомобілебудівництва все актуальнішим є оптимізація логістичних процесів. У своїй праці D. Battini, N. Boysen і S. Emde [13] проаналізували зміни в процесах доставки автомобільних деталей та виділили чотири основних напрямки перебудови цього процесу:

– зменшення часу збору автомобілів до 15 годин [54], скорочення глибини виробництва з 43% до 25–35% [106] та концентрування на основних потребах споживачів дозволяє збільшити прибуток, оптимізувавши доставку комплектуючих та їх ціну.

– орієнтація на індивідуальні потреби клієнтів дозволяє замовникам вибрати комплектацію власного автомобіля, що потребує ефективної доставки невеликої партії деталей в короткий проміжок часу. Цей маркетинговий підхід забезпечує дохід автомобільним виробникам, тим не менш, значно скорочує цикли планування логістики деталей та точності в прогнозуванні.

– універсалізація лінії складання автомобілів передбачає випуск декількох марок транспортних засобів у залежності від за-

мовлення. Наприклад, завод Volkswagen у Братиславі (Словаччина) збирає Touareg від Volkswagen, Q7 від AUDI та Cayenne від Porsche. Такий процес потребує ефективної доставки деталей різних марок, а також їх зберігання на складських приміщеннях заводу.

– застосування концепції Just-in-Time (JIT) для зменшення запасів на складі виробника. Однак витрати на логістику можна ще зменшити, якщо запчастини будуть доставлені також згідно принципу Just-in-Sequence (JIS). JIS означає, що постачальник попередньо сортує деталі в контейнери, щоб працівники заводу могли вилучити ці деталі в правильному порядку їх використання на лінії збору авто. Обидві концепції, JIS і JIT, скорочують цикли доставки та витрати на утримання складських приміщень, тим не менш підвищують залежність від добре спланованих і надійних логістичних операцій.

Результатом впровадження всіх вказаних змін є максимальна перебудова роботи логістичного відділу та складу автомобільного заводу. Наприклад, на середньому автомобільному заводі BMW в Дінгольфіngu щодня необхідно обробляти понад 13000 контейнерів, які доставляють близько 600 постачальників на понад 400 вантажівок [13].

Загалом, логістичний процес можна представити поєднанням двох основних етапів (рис. 4.3): зовнішньої логістики (external logistics) та внутрішньої логістики (in-house logistics).

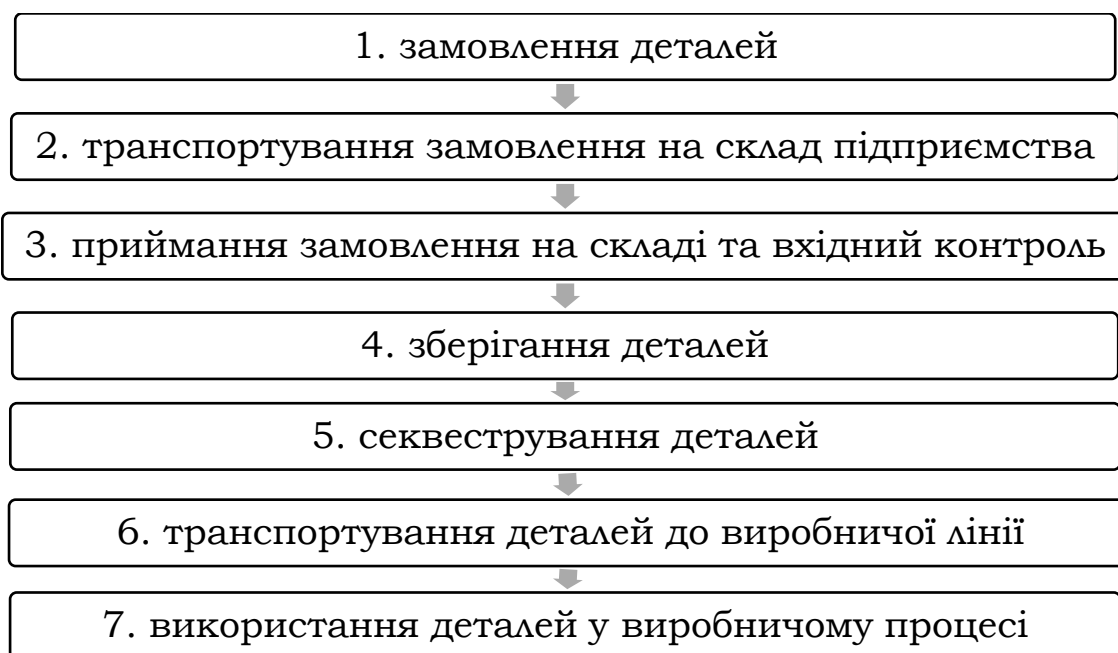


Рис. 4.3. Схема логістики транспортування деталей

Джерело: розроблено автором

Етап зовнішньої логістики відповідає першим двом процесам на схемі, які вимагають роботи із постачальниками та організації доставки необхідних деталей на підприємство. Зовнішня логістика також передбачає постачання деталей JIT, що можна забезпечити лише на основі довгострокового контракту з постачальниками або, так званих рамкових угод, які необхідні для ефективного виконання короткострокових замовлень.

Другий етап, «in-house logistics» обумовлює процес приймання, зберігання і використання у виробничому процесі необхідних деталей. Після отримання товару, відповідальність за запчастини переходить від постачальника або перевізника на працівників підприємства. Якщо з постачальником не узгоджений процес JIS, працівники складу сортують отримані матеріали, маркують та зберігають для забезпечення виробничого процесу. Після отримання внутрішнього замовлення про необхідність деталей чи матеріалів на виробничій лінії вони транспортуються зі складу та розміщуються для ефективного доступу до них працівників.

У зв'язку з великою різноманітністю деталей, а також їх застосуванням на виробничій лінії J. Swaminathan і T. Nitsch [165] запропонували ефективну концепцію визначення «точки секвенування» («sequencing point concept»), яка передбачала визначення «точки послідовності» як місце в автомобільному ланцюжку поставок, де деталі сортуються в «тій же послідовності, що й транспортні засоби, в які вони будуть встановлені». З точки зору логістики, здається достатнім позначити три потенційні місця розташування точки «послідовності»: у постачальника, на складі підприємства або безпосередньо на виробничій лінії:

- «sequencing point» може бути розташована у постачальника, де деталі сортуються, а потім транспортуються JIS, як визначено послідовністю виробничого процесу. Це ідеально налагоджений процес, який не передбачає проміжного зберігання деталей або матеріалів на складі підприємства, а деталі доставляються безпосередньо на лінію. Скорочення часу та витрат на зберігання запасів є фінансово вигідним для дорогих деталей, які представляють собою «заморожені» кошти підприємства.

- якщо «точка секвенування» розташована на складі підприємства, то всі деталі і матеріали доставляються згідно принципу JIT та передбачає усі наступні етапи згідно рис. 4.3. Як відомо [91], логістика JIS вимагає коротких термінів доставки і, отже, пов'язана з частими поставками та високими транспортними

витратами, тому сортування поступлення на складі підприємства фінансово вигідне для деталей середнього розміру та вартості.

– «точка секвенування» безпосередньо розташована у виробничому цеху передбачає доставку отриманих деталей до лінії збору, де монтажник використовує необхідні деталі відповідно до виготовленої продукції. У разі використання такого підходу будь-які розглянуті вище логістичні етапи не потрібні, що знижує витрати на зберігання деталей, але збільшує можливість браку. Тому реалізація цієї концепції можлива лише для невеликих, низькоцінних продуктів з низьким асортиментом та кількістю деталей.

Для повного розуміння побудови логістичних ланцюгів доставки згідно принципу JIT необхідно розглянути кожен елемент схеми доставки деталей згідно рисунку 4.3:

1. *Замовлення деталей* передбачає аналіз попереднього замовлення на готову продукцію та розрахунок необхідної кількості деталей для її виготовлення, при цьому постачальнику надається чітка інформація щодо замовлення: кількість і типи деталей, місце і час доставки. Як зазначалося вище, між підприємством та постачальником укладено довгостроковий контракт, який передбачає відповідні умови доставки, а також можливі штрафні санкції у разі не виконання умов угоди. Відповідно до способу обробки інформації постачальником виділяють два альтернативні підходи логістики [24]:

I підхід. Замовлення необхідної кількості деталей виходячи з показника очікуваного попиту та враховує показник продуктивності виробничої лінії впродовж відповідного інтервалу часу. Такий підхід застосовують для замовлення дорогих та конструктивно складних деталей.

Якщо розглянути планування замовлень то використання I підходу до логістичного процесу залишає декілька «ступенів свободи», адже в довгостроковому контракті передбачено інтервал доставки деталей, а також їх загальну кількість, натомість, розмір партії яку необхідно замовити вже, визначається середнім показником замовлення двох надходжень і не потребує додаткового прогнозу [47]. Замовлення деталей характеризуються певною ритмічністю, яка визначатиметься мінімальним та максимальним рівнем попиту, а також кількістю запасів матеріалів чи комплектуючих на складі підприємства. Також необхідно відмітити, що інтервалу замовлення не є константним показником, а може

змінюватися відповідно до замовлення, а також послідовності збору марок автомобілів на підприємстві, така адаптація транспортування є важливою для оптимізації витрат на перевезення за рахунок спільних поставок кількох типів деталей від одного постачальника [26].

II підхід. Застосування принципу «витягування» для поновлення необхідної кількості деталей або матеріалів. Необхідно зазначити, що прогноз замовлення чи зміна попиту не є визначальними факторами доставки, а тригером для запуску логістичного процесу є дотримання системи «канбан» або періодичний візуальний контроль залишків на складі, при цьому терміни доставки ретельно контролюються згідно принципу JIT. Такий логістичний підхід найчастіше застосовують для деталей з низькою вартістю, особливо у межах логістики всередині підприємства.

Як видно із зазначеної інформації, ефективна реалізація II підходу передбачає систематичний збір та аналіз актуальних даних щодо попиту та залишків деталей на складі підприємства. Система Kanban є найчастіше застосовуваний підхід для збору інформації, як альтернативу для цього методу є система контролю запасів (за умови невизначеності). Для цього підходу тригером виступає заздалегідь визначений сигнал, наприклад, мінімально допустимий рівень запасів або певний проміжок часу після замовлення [7].

Якщо розглянути сучасний етап автомобілебудування, то він починається із замовленням, на сьогодні, основний об'єм замовлень надходить безпосередньо не від кінцевого споживача, а від дилера [25]. Наприклад, згідно офіційних даних у Європі приблизно 50% усіх замовлень здійснюється дилерами автомобілів, а у Німеччині це число менше, але перевищує значення у 30% [178]. Після того, як замовлення отримано, визначається термін його виконання, при цьому, мінімальний час очікування близько шести тижнів є стандартним для багатьох підприємств-виробників [127].

Для організації ефективної роботи виробничої лінії отриманий пул замовлень є вхідними даними для розробки основного плану виробництва («master production scheduling» (MPS)). MPS дозволяє розділити пул замовлень в межах кількох циклів планування – спочатку визначити тижневий, потім денний і, нарешті, графік зміни [172]. Реалізація запланованого MPS є визначальною для логістики, тому що в іншому випадку необхідно викорис-

вати частини JIS відповідно до зміненої послідовності виробництва, що зумовить фінансові втрати для компанії.

2. *Транспортування замовлення на склад підприємства.* Стандартним видом доставки матеріалів і деталей в автомобільній промисловості є автотранспорт, на дугому місці знаходиться залізничний транспорт [99]. Будь-яке яке виробництво знаходиться перед фундаментальною дилемою: більшою вартістю запасів та нижчою вартістю доставки через меншу кількість перевезень чи навпаки. На сьогодні, практично не можливо забезпечити щоденне транспортування необхідної кількості деталей, тобто, передбачити формування малих партій без залучення складських приміщень, що пояснюється великою кількістю необхідних деталей. Тим не менш відомі способи створення способів доставки дрібних партій, але для невеликих і малоцінних деталей [34]:

3. *Приймання замовлення на складі та вхідний контроль.* Після доставки деталей чи матеріалів на підприємство організовується процес їх вивантаження і транспортування до кінцевої точки призначення: до виробничої лінії, якщо провадження система JIS або на склад підприємства у разі застосування підходу JIT. Всі вантажівки, які заїжджають на територію підприємства реєструються працівниками охорони і переміщаються безпосередньо на розвантаження або тимчасове перебування на стоянці. Альтернативним підходом є застосування власних причепів, які можна від'єднати від тягачів та зберігати на спеціальному майданчику, а потім підвести тягачем для розвантаження. Такий підхід дозволить зменшити витрати за простий автомобіля, а також зберегти заплановану послідовність приймання товарів на склад [181]. Після розвантаження деталі повинні бути ідентифіковані, для цього, найчастіше, використовується метод зчитування штрих-кодів на кожній упаковці та внесення відповідного товару і його кількості в електронну форму поступлень. Для великих автомобільних компаній є стандартою практикою не проводити вхідний контроль якості отриманих деталей чи матеріалів, так як це здійснено їх виробником. Такий підхід задокументовано в контракті, а також прописані відповідні штрафні санкції у разі отримання дефектних деталей.

У залежності від впровадженого методу доставки товарів – JIS або JIT, може бути використано два альтернативних підходи до логістики:

– впроваджена система JIS, як вже зазначалося раніше, поширюється на дороги та особливо важливі комплектуючі, саме

тому їх розвантажуть першими та поза чергою. Яскравим прикладом є доставка сидінь для авто на завод Volkswagen. Для цих комплектуючих виділено окремий док, де навантажувач переміщує крісла, закріплені у спеціальній стійці, до виділеного сегменту конвеєру збору автомобілів [24];

– система доставки JIT не передбачає селективності в процесі приймання, а тому автомобілі за допомогою електронної системи обліку формують чергу, якою управляє оператор і направляє водія до вільного доку для розвантаження. Зазвичай, процес приймання товарів за системою JIT організований для реалізації двох основних напрямків [79]:

1. формування «ефективного» розпорядку розвантаження товару, який реалізується через попереднє (за декілька днів до транспортування) виділення «часового вікна» для постачальника. Для цього підприємство розробляє відповідну електронну систему, де постачальник або найманий субпідрядник реєструється і вказує бажані години доставки товару. Отримана інформація щоденно аналізується та формується графік прибуття товару з вказанням інтервалу часу розвантаження, а також номеру доку, ця інформація надсилається постачальникам для ознайомлення. Основним завданням цього процесу є забезпечення рівномірного використання розвантажувальних доків, для мінізації часу перебування автотранспорту на території підприємства.

Необхідно зазначити, що у своїй роботі F. Klug [99] розглядає додаткову умову формування такого графіку, як вибір пріоритетності товару для розвантаження, адже одна вантажівка може перевозити декілька видів деталей, тому їй доведеться переміщатися від одного доку до іншого. Послідовність розвантаження враховуватиме відстань між доками, розміщення деталей у вантажівці, а також необхідність залучення додаткової техніки для розвантаження товару.

2. координація процесу розвантаження. Для цього у графіку роботи доку окрім переліку вантажівок та, відповідно, матеріалів для розвантаження вказані часові рамки цього процесу. Регуляція цього процесу має місце, як один з пунктів контракту, який передбачає, що якщо товар прибуває після відповідного часу постачальник найманий субпідрядник сплачує штраф, а підприємство звільняється від усіх обмежень за часом обслуговування цієї вантажівки. Якщо ж система дала збій і склад не провів вчасно розвантаження, постачальник отримує демаредж відповідно до часу простою вантажівки [23].

Такі умови контракту забезпечують не лише доставку товарів у запланований час, а ефективну роботу працівників підприємства. Окрім цього, така система дозволяє досягнути інших цілей [183]:

- мінімізація результуючих відстаней частин до лінії;
- уникнення простою обладнання через відсутність деталей;
- мінімізація витрат на зберігання матеріалів на складі.

4. *зберігання деталей* означає, що вони зберігаються в певній логістичній зоні, щоб подолати часовий проміжок між отриманням деталей та їх доставкою на лінію збору [12]. Сформовані запаси деталей в системі JIT можуть бути організовані по-різному [75]:

– традиційним підходом є формування централізованого складу, який використовує стелажне або наземне зберігання, а його функціями є приймання, облік і переміщення товару на виробничу лінію [74].

– новітнім підходом є побудова «JIT-супермаркетів», сенс яких є переміщення деталей ближче до лінії та їх зберігання в децентралізованій логістичній зоні.

Кожен з описаних підходів володіє недоліками [13], наприклад, традиційний підхід передбачає:

– залучення необхідної площі території підприємства для зберігання товару;

– забезпечення належних умов зберігання матеріалів;

– транспортування великих партій товару;

– залучення кваліфікованого персоналу для обліку матеріалів та його транспортування до виробничої лінії.

Новітній підхід зумовлює [57]:

– виділення місця для зберігання матеріалів у виробничій зоні;

– систематичний облік товару працівниками виробничої дільниці;

– щоденне транспортування невеликої партії товару, що у форсмажорних випадках може зумовити не виконання замовлення;

– доставка комплектуючих невідповідної якості зумовить зупинку технологічного процесу.

5. *секвестрування деталей* – це спеціальний процес вибору деталей з центрального складу або «JIT- супермаркету» і розміщуються в бокси у відповідності до порядку їх застосування. Такий підхід кардинально відрізняється від традиційного поняття комплектування замовлень для виробничої дільниці, яке передбачає переміщення матеріалів у спеціальний контейнер або транспортну тару без будь-якого спеціального порядку. Секвестрування

деталей. дозволяє працівнику швидко отримати доступ до необхідної деталі без втрати часу на її пошук чи ідентифікації [131]. Тим не менш, такий підхід має негативні наслідки для виробничого процесу:

- будь-яка затримка з доставкою комплектуючих зумовить додатковий простій виробничої лінії через необхідність складання деталей у визначеній послідовності;

- дефектні деталі працівники складу також використовують для забезпечення визначеної послідовності.

У своєму дослідженні R. de Koster та ін. [46] виділив два підходи до організації процесу секвестрування:

У системі «запчастини-комплектувальник» («parts-to-pickers system») деталі витягуються з автоматизованої системи зберігання та пошуку («automated storage and retrieval system» ASRS) і транспортуються до працівника складу, який складає їх у відповідності до застосування на виробничій лінії. У разі застосування на виробництві системи JIS принцип ASRS не застосовується, бо необхідні деталі доставляються уже секвеновані. Проблеми оперативного прийняття рішень, які необхідно вирішити для будь-якого напрямку промисловості, для підходу ASRS однакові – розробка і дотримання оптимального патерну збору матеріалів для кожного типу продукту та забезпечення ефективної системи пошуку запчастин на складі [107, 144].

Для більших за розмірами та цінних матеріалів, як правило, застосовується парадигма «комплектувальник-запчастини». Згідно цього підходу деталі зберігаються в спеціально виділених і фіксованих місцях, найчастіше за стелажним принципом, але на висоті, щоб комплектувальник зумів власноруч витягнути необхідну деталь. Щоб забезпечити швидкий доступ до комплектуючих, в автомобільній промисловості деталі зберігаються або на наземному складі в контейнерах, у яких вони прибули, або в низьких стелажах [70].

Застосування цього підходу зумовлює необхідність оперативної розробки маршруту для ефективного комплектування замовлення [74]. Першим етапом побудови ефективного маршруту є розподіл набору матеріалів на окремі підмножини, які будуть спільно зібрані під час одного маршруту комплектувальника. Другим етапом є вибір оптимальної послідовності вилучення матеріалів зі складу для мінімізації часу маршруту та забезпеченні його ефективності. Такий підхід має на меті скоротити відстань, яку

має подолати комплектувальник, оскільки пересування складом займає лівову частку загального часу виконання замовлення [59]. Саме тому, під час планування розташування зони секвестрування всі варіанти одного типу деталей, зазвичай, об'єднуються в єдиний кластер, що забезпечує ефективність зберігання і комплектування. Іншою метою формування кластерів зберігання деталей схожого типу полягає у способі їх складання і транспортування, великі і важкі деталі чи матеріали потребують фізичних зусиль або залучення відповідного обладнання: штабелерів або навантажувачів. За останні десятиліття проблема фізичного навантаження на працівників складів для західних виробників постала максимально гострою, особливо після залучення профспілок, тому ергономіка стала головною проблемою в автомобільній промисловості [132, 133].

б. транспортування деталей до виробничої лінії. Ще одним обов'язковим етапом є доставка деталей зі складу до виробничої лінії. Ряд авторів у своїх роботах [13, 14] виділяють три основних шляхи доставки замовлення, виходячи із застосовуваного транспортного засобу:

- вилковий навантажувач;
- буксирувальний потяг;
- конвеєрна система.

Вилкові навантажувачі довели свою придатність у багатьох галузях промисловості, а саме їх здатність піднімати важкі піддони та контейнери робить їх незамінним елементом роботи складу. Однак через їхню відносно низьку транспортну здатність багато західних виробників прагнуть замінити вилкові навантажувачі іншими транспортними засобами з більшою місткістю, такими як буксирні поїзди. З точки зору операційної роботи організація роботи навантажувачів передбачає [104]:

- секторальний розподіл навантажувачів на складі;
- координація роботи навантажувачів для ефективного виконання замовлення;
- розробка послідовності виконання замовлення для мінімізації втрат часу та відстані проїзду навантажувача.

Всі описані вище операційні завдання по координації роботи навантажувачів є взаємозалежні і тому повинні вирішуватися спільно. Такий підхід організації роботи складу забезпечить мінімізацію робочого навантаження, оптимізує кількість залучених навантажувачів для виконання замовлення, а також забезпечить

візуальний контроль запасів на складі. Незважаючи на атоматизацію процесу обліку деталей на складі людський фактор помилки в обліку завжди залишається, тому залучення операторів навантажувачів до перевірки кількості запасів на складі забезпечує додатковий контроль та уникнення простоїв виробництва [53].

Буксирувальний поїзд складається з моторизованого буксирного транспортного засобу, з'єднаного з декількома вагонами, які перевозять сформовані матеріали. Місткість буксирувального поїзда зазвичай достатньо велика, щоб обслуговувати кілька виробничих ліній. Рух буксира завжди починається і завершується на централізованому складі, де комірники з'єднують вагони та заповнюють їх контейнерами відповідно до замовлення кожної виробничої лінії відповідних станцій, відповідно графіку [52]. Деякі виробники автомобілів забезпечили повну атоматизацію процесу доставки матеріалів [57], замість оператора-людини комп'ютерна програма керує буксиром, а для зупинок використані спеціальні стійки. Ця система дозволяє пристиковуватися вагону таким чином до стелажа, що заповнені транспортні палети за допомогою пружинного елемента переміщуються на стелаж, а порожні переміщуються назад до буксиру. Такий підхід скорочує час розвантаження і робить можливим процес надійної доставки деталей. Крім того, деякі виробники встановили на кожній станції дисплеї на яких відображається зворотний відлік до наступного прибуття буксирувального поїзда, що дозволяє монтажникам і керівникам виробничих ліній оптимізувати роботу для унеможливлення простою обладнання.

D. Battini та колеги [13] виділили основні операційні проблеми цього способу доставки матеріалів:

- розробка лінійного маршруту доставки матеріалів, що передбачає оперативне інформування між структурними одиницями компанії та логістикою;
- у кожному маршруті необхідно виділити час відправлення та повернення буксиру, а також проміжок часу кожної зупинки на виробничих лініях. Виробники оригінального обладнання в автомобільній промисловості часто прагнуть забезпечити постійне постачання запчастин, застосовуючи циклічні графіки, наприклад, відправка буксиру кожні 30 хвилин за фіксованим маршрутом. Однак буксирні потяги також можуть використовуватися з нециклічним графіком і різними маршрутами. Очевидно, що маршрут і розклад буксирувальних поїздів пов'язані з замовленням вироб-

ництву, а також обмеженою пропускною здатністю буксира щодо перевезення матеріалів.

- для кожного маршруту та розкладу необхідно визначити кількість і типи частин, які будуть завантажені для транспортування буксиру. З точки зору ощадливого виробництва та системи JIT необхідно завантажити саме ту кількість деталей, яку було замовлено виробничою лінією. Однак, враховуючи обмежену місткість буксира, така вимога не завжди може бути реалізована за одне перевезення, а потребуватиме декількох транспортних переміщень. У кінцевому рахунку, проблема запасів на станціях повинні бути зменшена, тоді як дані вимоги станції та обмежена потужність буксира розглядаються як обмеження.

Третім способом транспортування є *конвеєрна система*, яка може бути реалізована у вигляді стрічкового або підвісного конвеєра, який доставляє деталі з центрального приймального сховища до виробничої лінії. Оскільки послідовність доставки заздалегідь визначається виробничою послідовністю виробничої лінії, з цим не пов'язано жодних складних операційних проблем. З іншого боку, можна поєднати конвеєрний тип транспортування з системою формування «дорожніх наборів» («traveling kits»), які містять набір різних деталей, призначених для одного автомобіля, та можуть зберігатися безпосередньо на контейнері або в автомобілі, наприклад, у багажнику [27]. Оскільки місця на основній конвеєрній лінії або в кузові автомобіля надзвичайно мало, лише кілька комплектів, що містять відносно дрібні деталі, можуть бути застосовані в реальних системах складання, не створюючи значних перешкод, тому основною проблемою є вибір правильного типу і кількості деталей для комплекту [110].

7. Останнім елементом в схемі логістики транспортування деталей є *використання деталей у виробничому процесі*. Після доставки матеріалів до виробничого цеху вони повинні бути розміщені на спеціальному складі поруч зі складальною лінією. Організація зберігання деталей включає два можливих шляхи:

- *наземне зберігання* застосовується для великих деталей;
- *гравітаційне стелажне зберігання* складається з похилих полиць, які поповнюються працівниками логістики ззаду, монтажник спереду витягує деталі для застосування. З точки зору ергономіки, стелажне зберігання є оптимальним, оскільки монтажнику не потрібно тратити час на доставку деталей, а оперативне відновлення запасів забезпечує ефективне використання робочого часу [61]. З іншого боку, подвійна обробка контейнерів для збері-

гання на стелажах збільшує зусилля працівників логістики, які доставляють деталі [110].

Основною операційною проблемою на цьому етапі доставки матеріалів є вибір місця розміщення деталей біля виробничої лінії. Переміщення монтажника між стелажми може займати значну частину загального часу циклу, тому непродуктивний час ходьби слід звести до мінімуму. Беручи до уваги стабільність роботи виробничої лінії та визначене місце зупинки деталі, можна легко розрахувати оптимальне положення стелажа, мінімізуючи відстані для працівників [61]. Тим не менш, необхідно врахувати, що на обмежений простір необхідно помістити значну кількість деталей, через різний модельний ряд підприємства, а тому послідовність виробництва впливає на рішення щодо розміщення запасів. У результаті чого спостерігається постійна адаптація розміщення деталей відповідно до замовлення, що забезпечує максимальну ефективність технологічного процесу [60].

Ґрунтуючись на загальному огляді системи ощадливого виробництва можна стверджувати, що найефективнішим інструментом для організації щоденного транспортування молочної сировини є канбан [18, 127]. Зазвичай, виділяють два підходи до забезпечення необхідною кількістю сировини чи напівфабрикатів підприємство:

- постачання стабільної кількості сировини чи напівфабрикатів за виробничої необхідності, тобто, у різний час;
- постачання стабільної кількості сировини чи напівфабрикатів у визначений час, тобто, згідно заздалегідь затвердженого циклу.

Систему канбан можна представити як закриту децентралізовану систему з можливістю до саморегуляції, саме остання особливість забезпечує її ефективність, але потребує найбільших зусиль для реалізації. З огляду на це, загальна кількість канбанів для системи є вирішальною, бо саме цей показник визначає ефективність їхньої адаптації до зміни виробничих умов [102].

У своїй роботі Y. Monden [127] запропонував математичне вираження постійного циклу, який є еквівалентом системи канбан постачальника. Згідно з цим підходом, систему постачання сировини можна представити через три константи:

a – кількість днів в циклі;

b – кількість поставок в циклі;

c – кількість циклів, які необхідно пропустити для наступної доставки.

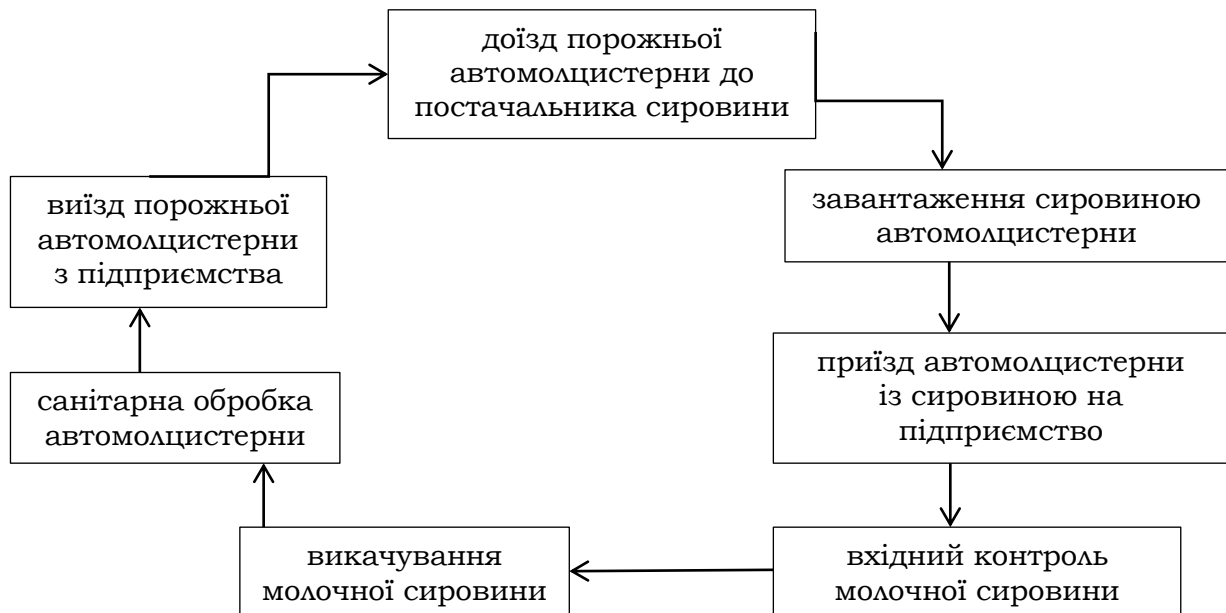


Рис. 4.4. Загальна схема циклу транспортування молочної сировини

Джерело: розроблено автором

Для прикладу, молокопереробне підприємство має два постачальника А і Б, сировини від яких поступає, відповідно, двічі на день та один раз на три дні. Таким чином, для постачальника А цикл доставки можна виразити таким набором констант: $a = 1$, $b = 2$, $c = 1$, для постачальника Б – $a = 1$, $b = 1$, $c = 3$.

На основі введених констант можна встановити ряд їх співвідношень, які дозволять краще описати систему постачання. Першим важливим показником є «час циклу» (K), $K = a/b$, який виражає затрату часу на виконання всього циклу робіт (рис. 4.4). Другим таким співвідношенням є «час виконання» (L), який включає в себе такі етапи: отримання і виконання замовлення, завантаження і транспортування замовлення. Якщо постачальник працює згідно системи канбан, то L може скоротитися до часу транспортування і не обов'язково є кратним співвідношенню a/b , у цьому випадку значення c визначається як результат L/K . Виходячи з цього, можна математично виразити час виконання канбану:

$$K + L = \frac{a}{b} + \frac{a \cdot c}{b} \quad (4.16)$$

Якщо ввести декілька додаткових параметрів:

d – середнє значення попиту на сировину чи деталь;

S – показник страхової безпеки, який розраховується через невизначеність попиту та процесу транспортування;

M – об'єм автотранспорту.

до формули (4.16), то можна вивести так звану, «формулу Тойоти», яка дозволяє визначити оптимальну кількість систем канбан (M):

$$N = \frac{d \cdot (K + L)}{M} + \frac{S}{M} = \left\lceil \frac{a \cdot (c + 1)}{b \cdot M} + \frac{S}{M} \right\rceil \quad (4.17)$$

З формули (4.17) можна зробити висновок що, загальна тривалість циклу для кожного постачальника є індивідуальною і залежить від показника попиту та об'єму партії продукту чи сировини. Тим не менш, різний час циклу для кожного продукту чи постачальника сировини не дозволяє їх консолідувати для побудови стабільного маршруту доставки, що важливо для досягнення необхідної частоти доставки з максимальним завантаженням транспортного засобу. Для реалізації цього підходу в компанії «Toyota» частота доставок кратна 2 (2, 4, 6, 8, 10, 12) і чітко визначена для кожного товару [127]. Кооперація двох чи більше географічно близьких постачальників з однаковою частотою транспортування в один маршрут автомолцистерни називається єдина частотна маршрутизація («Common Frequency Routing (CFR)») [35], якщо ж поєднується в один логістичний маршрут два постачальники з різною частотою транспортування, то такий підхід називається загальна частотна маршрутизація («General Frequency Routing (GFR)») [130]. Застосування принципу GFR дозволяє компанії будувати гнучкі логістичні маршрути, тим не менш, вона є складнішою в її організації та оперативному управлінні.

Для організації ефективної роботи маршрутів транспортування молочної сировини працівники підприємства повинні застосовувати так звану «дошку хейдзунка» («heijunka board»), яка забезпечує вимоги ощадливого виробництва до цього процесу [130]. Такий інструмент дозволяє візуалізувати маршрут транспортування молочної сировини та забезпечити його чіткий контроль. Для цього використовується дошка хейдзунка та картиканбан постачальників, які формують графічне зображення транспортних маршрутів у відповідний часовий проміжок [66]. Припустімо, підприємство має 20 постачальників і необхідно сформулювати маршрути доставки сировини, враховуючи періодичність продажу молока, ефективність побудови маршруту та необхідність молока-незбираного для виробничого процесу для виконання заявки та мінімізації втрат, для цього працівники підпри-

ємства будують дошку хейдзунка (рис. 4.5). На рисунку «heijunka board» зображена у вигляді графіка, де на вісі абсциса повинно бути вказано час виїзду автомолцистерни, а на вісі ордината – послідовність постачальників молочної сировини на маршруті водія.

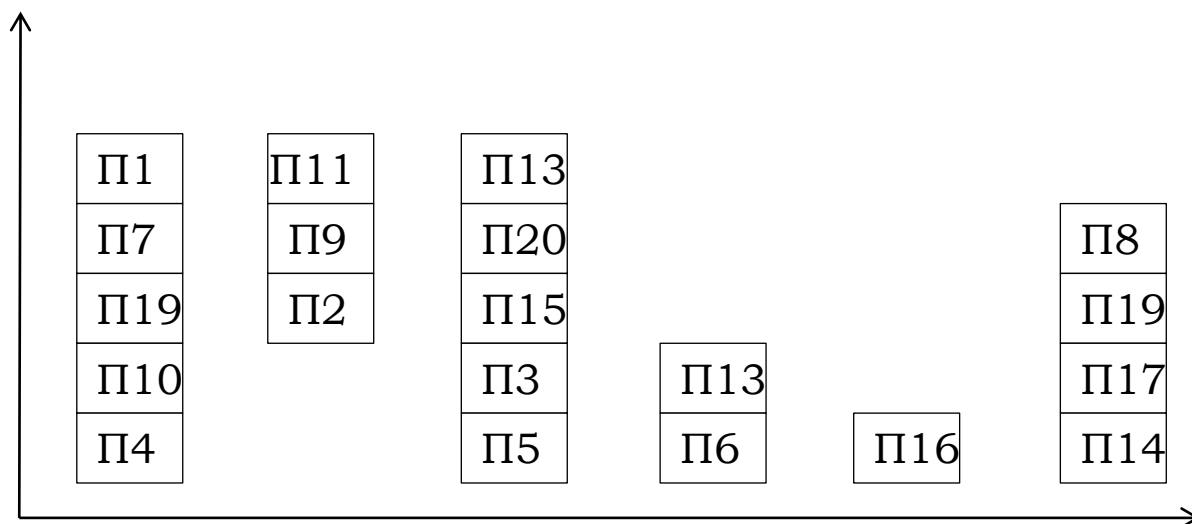


Рис. 4.5. Приклад дошки хейдзунка для побудови маршрутів постачання молочної сировини

Джерело: розроблено автором

Тим не менш, такий підхід до організації постачання сировини не може гарантувати ідеальне виконання розробленого маршруту впродовж певного часу, що пов'язано з не запланованими змінами часу прибуття автомобіля до постачальника, часу перекачування молока у секцію автомолцистерни, трафік на дорозі, тощо. Це суперечить принципам Lean та може зумовити простій виробничого обладнання, надлишкові запаси сировини чи не виконання замовлення [35, 130]. Додатковою особливістю збоїв в логістичних маршрутах транспортування молочної сировини є пікові навантаження на лабораторію приймання сировини, що може зумовити до отримання хибних результатів дослідження, а також додаткових простоїв транспортних засобів. Для мінімізації негативного впливу збоїв в графіку постачання молока необхідно рівномірно розподілити усі маршрути впродовж робочого дня молокопереробного підприємства.

На сьогоднішній день виділяють два напрямки політики визначення частоти транспортування сировини чи напівфабрикатів [83]:

1. напрямок, що ґрунтується на принципі «штовхай» («Push based policies»);

2. напрямок, що ґрунтується на принципі «витягування» («Pull based order policies»).

1. *Напрямок, що ґрунтується на принципі «штовхай» («Push based policies»)*. Відомо [81], що першу економічну модель розміру партії було запропоновано F. W. Harris ще у 1913 році. Вона передбачала, що рівень споживання товару знаходиться на константному рівні попиту d за одиницю часу; час виконання замовлення дорівнює 0; розмір партії для кожного замовлення є стабільним і становить q ; початковий запас товару дорівнює 0, а процес планування замовлень не має обмежень; вартість виготовлення кожної партії товару чи ціна сировини стабільна і становить c^0 , вона також включає транспортні витрати; зберігання товару чи сировини на складі передбачає лінійне нарахування вартості c^h за одиницю часу. Виходячи з цих припущень можна вивести формулу для розрахунку економічного розміру партії продукції («economic order quantity (EOQ)»), яка забезпечить мінімізацію витрат на її транспортування та зберігання на складі:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot c^0 \cdot d}{c^h}} \quad (4.18)$$

Таким чином, для ідеальної системи виробництва значення «EOQ» забезпечує «пилкоподібну» схему формування запасів, які вичерпуються саме в той момент, коли прибуває нова партія продукції. Для розрахунку часу формування замовлення, тобто, розрахунку інтервалу замовлень необхідно скористатися формулою: EOQ/d [151]. Описаний вище підхід до організації логістичних маршрутів з оцінкою розміру партії згідно формули (4.18) на практиці вперше було використано для компанії «General Motors» [19, 20], щоб оптимізувати стратегію виробничого процесу та реалізації власної продукції.

Із аналізу чутливості до змін цієї системи [83] відомо, що фінансові витрати на створення, підбір оптимального значення EOQ або його зміни відповідно до перебудови технологічного процесу не залежать від загального об'єму партії або інтервалів EOQ/d . На основі отриманих даних розроблено концепцію «кратності двом» («power-of-two»), що обмежує інтервал t відносно базового періоду t^b згідно формули (4.19):

$$t = t^b \cdot 2^k, k \in \{1, 2, 3 \dots\} \quad (4.19)$$

У своїх дослідженнях W. Норр і М. Spearman [87], а пізніше D. Simchi-Levi зі співавторами [151] показали, що ефективність концепції «кратності двом» полягає у консолідації замовлень для кращого використання автотранспорту, а збільшення запасів і витрат на їх зберігання буде не вище 6% від вартості оптимального значення ЕОQ.

Після впровадження на підприємстві концепції «кратності двом» необхідно розглянути зміну ситуації щодо замовлення і поточання на підприємстві впродовж горизонту планування $[0, T]$. Якщо розглянути графік «рівень запасів, як функція часу відповідно до політики P » (рис. 4.6) то можна зробити висновок, що оптимальна політика замовлення повинна задовольняти властивість нульового замовлення, а час між замовленнями можна розрахувати, виходячи з кількості залишків на складі та швидкості їх використання, яка відповідатиме показнику попиту d і досягне нуля через f замовлень.

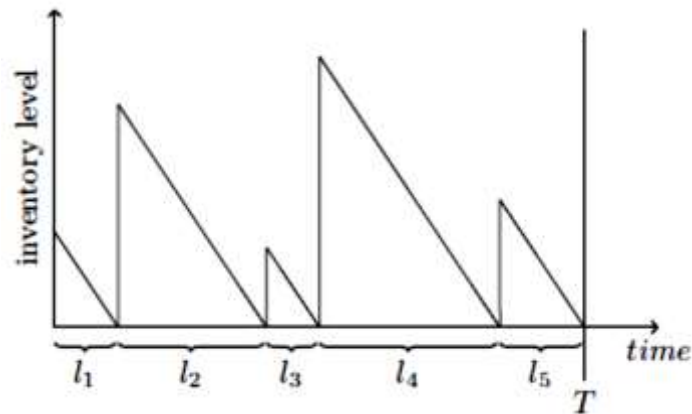


Рис. 4.6. Рівень запасів, як функція часу відповідно до політики P

Джерело: [151]

У своїй праці Anne Meyer [123] припустила, що $l_i > 0$ при цьому $i \in \{1 \dots f\}$ і є вираженням часу між двома відправленнями, а їх сума $\sum_{i=1}^f l_i = T$ виражатиме загальний час горизонту. На основі отриманого графічного зображення на рис. 4.6, можна розрахувати рівень запасів (I), виходячи з площі отриманих трикутників:

$$I = \frac{l_i \cdot l_i \cdot d}{2} \quad (4.20)$$

Оптимальний час для формування замовлення можна розрахувати, виходячи з рівняння (4.21):

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^f l_i^2 \mid \sum_{i=1}^f l_i = T, i \in \{1 \dots f\} \right\} \quad (4.21)$$

Таким чином, оптимальним вирішенням цієї задачі є $l = \frac{T}{f}$, що забезпечує впровадження політики мінімальних витрат на транспортування і зберігання, яка досягається здійсненням замовлень кожен $\frac{T}{f}$ період необхідного об'єму $(\frac{T}{f} \cdot d)$, а загальна вартість цієї політики становитиме:

$$c^0 \cdot f + c^h \sum_{i=1}^f \frac{l_i \cdot l_i \cdot d}{2} = c^0 \cdot f + c^h \frac{d \cdot T^2}{2 \cdot f} \quad (4.21)$$

У моделі дискретності часу та обмеженості горизонту планування для знаходження періодів і кількості замовлення необхідно вирішити те ж квадратичне рівняння, як (4.22) з тією різницею – l_i повинно бути цілим числом в інтервалі від 1 до T . Оскільки властивість нульового інвентаризації також має бути виконана, достатньо визначити або час між надходженням, або розміри замовлення.

Можна здійснити розрахунок окремих параметрів для оптимізації процесу доставки відповідно до ЕОQ з дискретним часом та кінцевим горизонтом замовлень, враховуючи лише запаси на території складу підприємства. Так, мінімальний рівень запасів для частоти замовлень f дорівнюватиме, виходячи з кількості замовлень $r = f \cdot \left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor$ розміру $d \cdot \left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor$ і $f - r$ замовлень розміру $d \cdot \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil$. Виходячи з цього, розміри замовлення та час між прибуттям наступної партії сировини чи товару максимально матимуть два значення [63].

Таким чином, у системі з дискретністю часу фінансові затрати на транспортування пов'язані з оптимальним графіком замовлення P і можуть бути розраховані згідно наступної формули:

$$c^0 \cdot f + c^h \frac{d}{2} \left(r \cdot \left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor + (f - r) \cdot \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil \right) \quad (4.22)$$

Формула (4.22) відповідає ідеальним умовам планування транспортування, якщо ж ввести обмежене значення процесу планування замовлень T та використання продукту, то можна розрахувати оптимальне значення кількості замовлень f стабільного об'єму впродовж визначеного часу. При цьому, показник f залежатиме від економічного ефекту розрахунку значення цілої частини дійсного числа α , тобто $[\alpha]$ і $\lceil \alpha \rceil$:

$$\alpha = T \cdot \sqrt{\frac{c^h \cdot d}{2 \cdot c^0}} \quad (4.23)$$

Як зазначалося вище, значення EOQ є результатом припущення, що попит на продукти є стабільним впродовж всього проміжку часу. У своєму дослідженні А. Kovalev і С. Ng [103] показали математичний підхід до розрахунку цього показника з точки зору дискретності часу виробництва ($\log n$) та загальної кількості продукції, при цьому попит виникає зі стабільною швидкістю (λ). Для розв'язку поставленого завдання автори перейшли до дискретної мінімізації однієї змінної, як представляє число порядків у рівнянні, при цьому, оптимальний розмір замовлення може набувати двох значень – $\lambda \left\lfloor \frac{n}{k} \right\rfloor$ і $\lambda \left\lceil \frac{n}{k} \right\rceil$.

2. Напрямок, що ґрунтується на принципі «витягування» («Pull based order policies»). Для розрахунку основних параметрів для побудови дієвого канбан, а саме – a , b , c і M необхідно скористатися формулою 11, при цьому можна знехтувати показником S . Ці параметри дозволять через апроксимацію розрахунків (модель імітаційного моделювання, математична програмна модель та модель ланцюга Маркова [116]) оцінити час циклу або інтервал замовлення та розмір канбану, що забезпечить мінімізація запасів, максимізація пропускної здатності виробництва та мінімізація експлуатаційних витрат.

Підхід «канбан» відрізняється від класичного підходу з розрахунком показника EOQ. У своїй роботі S. Miyazaki зі співавторами [126] показали на основі математичної моделі відмінність цих підходів, яка, окрім припущення щодо дискретності змінних, передбачала інше графічне вираження функції загальних затрат, яка для класичного підходу носитиме випуклу форму.

Система канбан дозволяє отримати оптимальні результати у поєднанні з методом хейдзунка, який дозволяє максимально збалансувати час доставки сировини чи продукції [102]. Аналіз літературних даних показав, що існує декілька моделей для аналізу системи хейдзунка:

1. Математичний підхід розрахунку допустимого запасу продукції чи сировини на буферного складі [112];

2. Стохастична модель запропонована К. Furmans і М. Veit [66], яка передбачала введення окремих змінних та забезпечувала точніший розрахунок, порівняно із середніми значеннями параметрів системи, що дозволяло побудувати не лише ефективну, а й дієву систему хейдзунка;

3. Модель розрахунку оптимального розміру буферного складу враховуючи зміну виробничих канбанів [116].

Спільною особливістю цих методів є пошук оптимального розміру буферного складу для забезпечення максимальної ефективності виробничих потужностей з мінімізацією втрат.

Основою для запуску ефективних логістичних шляхів доставки продукції чи сировини, у тому числі і молочної, є розв'язання так званої «проблеми маршрутизації транспортних засобів» («vehicle routing problems (VRP)»). На сьогоднішній день розроблено метод для пошуку цього рішення – проблема періодичності маршрутизації транспортних засобів («The Periodic Vehicle Routing Problem (PVRP)»). За допомогою цього підходу компанія може моделювати доставку для набору клієнтів з періодичністю в декілька днів, що забезпечить оптимізацію витрат палива та підвищенням конкурентоспроможності підприємства. Вперше, основи моделі PVRP були розроблені двома науковцями E. Beltrami і L. Bodin [16] на основі яких і сформована сучасна математична модель. Вона є узагальненням класичної проблеми маршрутизації транспортних засобів – щоденне планування циклічних маршрутів, які розпочинаються і завершуються в одному депо, виходячи з наявного парку транспортних засобів та об'єму сировини для кожного напрямку. Для цього необхідно побудувати базовий графік $G = (N, A)$, де A – транспортні витрати для повного виконання маршруту; N – перелік клієнтів, які передбачені на маршруті та періодичність перевезень. На основі усіх можливих комбінацій постачальників та маршрутів знайти найбільш оптимальний щодо фінансових витрат та виконання всіх перевезень.

Припустімо, що d – кількість днів, які складають період планування, а s – загальна кількість всіх можливих графіків планування, таким чином, кожен графік із загальної вибірки можна описати вектором a_{sd} [65]:

$$a_{sd} = \begin{cases} 1 & \text{якщо } d \text{ відноситься до графіку } s \\ 0 & \text{якщо } d \text{ не відноситься до графіку } s \end{cases} \quad (4.24)$$

На первинному етапі моделі PVRP необхідно представити загальний опис наявної ситуації, далі описати мету, яку необхідно досягнути та розділити її на окремі завдання. Наприклад:

Розроблено можливі маршрути $G=(N,A)$ та визначено всі фінансові витрати для їх реалізації c_{ij} , $\forall (i,j) \in A$; період планування становить d днів; кількість точок відбору $N_c = N \setminus \{0\}$, причому кожен постачальник $i \in N_c$ та характеризується стабільним значенням об'єму сировини W_i впродовж всього періоду планування та,

згідно контракту, частоту перевезення сировини f_i ; автопарк – K , з транспортним об'ємом C ; наявний розклад S .

Метою аналізу є мінімізація витрат на транспортування сировини від постачальників. Для досягнення вказаної мети необхідно:

- забезпечити безперебійне постачання сировини на підприємство;
- розробити ефективні щоденні маршрути для всіх господарств;
- здійснити моніторинг ефективності розроблених маршрутів.

Розглядаючи описану вище ситуацію згідно підходу PVRP можна отримати наступних три вирішення:

- підбір максимально ефективного транспортного маршруту;
- підбір для цього маршруту оптимальних постачальників сировини;
- впровадження стабільного щоденного маршруту впродовж всього часу планування.

Таким чином PVRP, для кожного $i \in N_c$, повинен вибрати розклад із цілої підмножини можливих розкладів $S_i \subseteq S$ так, що:

$$S_i = \left\{ s \in S: \sum_d a_{sd} = f_i \right\} \quad (4.25)$$

Виходячи з рівняння (4.25) можна зробити висновок, про те, що якщо $|S_i| = 0$ то для будь-якого $i \in N_c$ немає розв'язку, бо жоден графік не може задовольнити вимоги частоти відвідування господарства. У той же час, якщо $|S_i| = 1$ при $\forall i \in N_c$, тоді кожен постачальник має лише один можливий розклад для забезпечення частоти перевезень та його ефективності. Таким чином, цю проблему можна розділити на окремі проблеми VRP, кількість яких дорівнюватиме значенню d .

Побудова циклічних логістичних моделей. Для побудови циклічних моделей доставки приймаються ряд допущень:

- рівень споживання молочної сировини для виробничих потреб є стабільним і виражається як $d > 0$;
- відтворювання молочної сировини на господарстві є постійною, а її кількість відповідатиме виразу – $\min d$;
- загальний горизонт планування є скінченною величиною T ;
- модель постачання є циклічною системою, яка повторюється кожен t -період.

Важливою причиною впровадження системи мінімізації втрат на основі циклічної моделі при транспортуванні молочної сировини є мінімізація часу її зберігання, адже, як вже зазначалося не

одноразово, це негативно впливає на якість молока. Можливий час зберігання молочної сировини визначатиметься температурними режимами та зміною мікробіологічних показників.

Також, необхідно врахувати той факт, що показник кількості молочної сировини під час її транспортування (m_i) однакова для всіх моделей і не впливає на тривалість циклу або графік доставки. Таким чином, запаси при транспортуванні (I) не залежать від частоти постачання чи його шаблону і можуть бути виражені наступним співвідношенням:

$$I = m_1 \cdot \tau_1 + \dots + m_n \cdot \tau_n = T \cdot d \cdot \tau \quad (4.26)$$

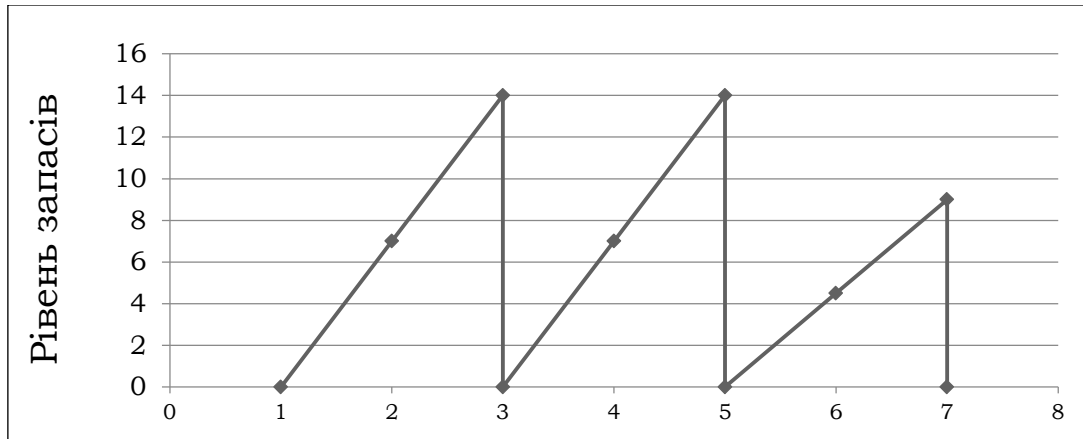
На основі цих припущень розглянемо ряд циклічних моделей організації логістичних перевезень, які мають практичний досвід:

1. «*Cyclic Continuous Time Inventory Model (CCTI)*». Ми знаємо, що якщо замовлення рівномірно розміщені на горизонті планування, то запаси у постачальника змінюватимуться симетрично щодо запасів на підприємстві, тому замовлення однакового розміру, розміщені з одним значенням періоду забезпечать мінімальну вартість запасів для всієї системи. У випадку циклічних моделей замовлення не обов'язково формувати у разі залишку запасів на рівні часу транспортування сировини ($\tau = 0$), необхідно розуміти час відтворення запасів у постачальника і лише тоді планувати наступне транспортування, тобто, час замовлення може знаходитися у інтервалі $\tau = 0$ і T/f . Візуалізувати це можна аналогічно до графіку на рисунку 4.6. На рисунку 4.7а показано зміну рівня запасів молочної сировини на господарстві, при цьому видно, що плановий об'єм відвантаження знаходиться на однаковому рівні. Відповідно, на рисунку 4.7б показано зміну рівня запасів молочної сировини на підприємстві під час виробництва продукції. Важливою особливістю цього процесу є комунікація між постачальником та заводом, що виражається у адаптації процесу транспортування (рис. 4.7в), що можна прослідкувати на прикладі елементу 7 на всіх трьох рисунках. Такі зміни можуть виникнути як зі сторони молочного господарства через фізіологічні особливості стада корів чи їх захворювання, так і зі сторони виробництва, наприклад, через зниження замовлень на готову продукцію, проблеми з обладнанням, тощо.

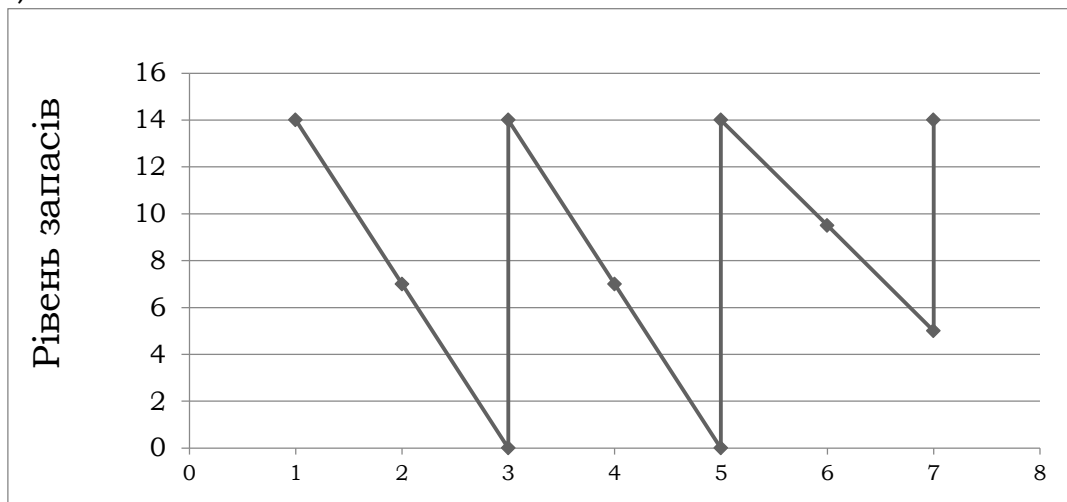
Окрім цього, необхідно зазначити, що для визначення собівартості оптимальної моделі транспортування молочної сировини нероздільно враховуються запаси як постачальника, так і підпри-

ємства. Таким чином, для горизонту планування T і частоти постачання f можна вивести наступну формулу:

$$c^0 \cdot f + c^h \frac{d \cdot T^2}{f} + c^h \cdot d \cdot T \cdot \tau \quad (4.27)$$



а)



б)

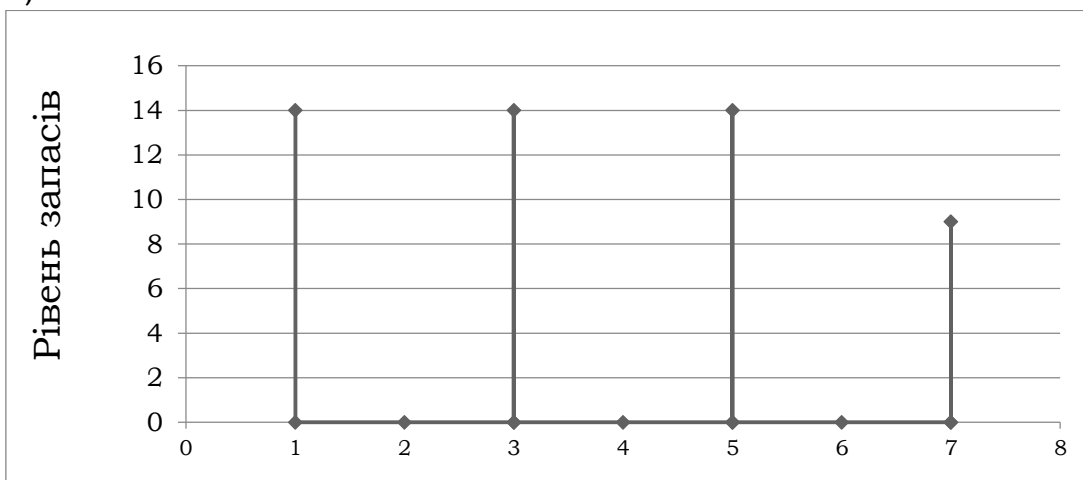


Рис. 4.7. Графічне вираження руху запасів від постачальника до підприємства

Джерело: розроблено автором

Як вже згадувалося вище, «формула Тойоти» передбачає циклічність процесу, тому з формули (4.16), якщо припустити, що час доставки в постачальника сировини дорівнюватиме нулю, показник страхової безпеки не враховувати, а $M = 1$, то можна розрахувати необхідну кількість «канбан карток»:

$$N^T = d \cdot \frac{a}{b} \quad (4.28)$$

Отриманий результат відповідає значенню $WIP_0 = d \cdot \frac{T}{f}$ оптимального графіка замовлення для частоти f . Якщо виникають невеликі відхилення від оптимального часу між прибуттям (або часу циклу) $\frac{T}{f} = \frac{a}{b}$, вони включаються в коефіцієнт s .

2. *A Cyclic Discrete Time Inventory Model (CDI)*. Такий підхід до побудови графіків транспортування молочної сировини враховують дискретність часу доставки молока, що передбачає різні значення інтервалу між поставками, але кратні базовому періоду. Якщо ж при побудові цієї моделі враховувати систему канбан і «push based policy» то можна сформуванати логістичну систему не лише зі змінним значенням часу між поставками, але і об'ємом партії. Таким чином, час між прибуттям l вимірюються в базових періодах і повинен бути цілим значенням впродовж всього горизонту планування ($l \in \{1, 2, \dots, T\}$).

Якщо ж розглянути приклад, коли $T_{\text{mod}} f \neq 0$, а швидкість відтворюваності «запасів» у постачальника є $const$, тобто оптимальний період постійного циклу отримує дробове значення, можна побачити, що кількість «залишків» сировини у господарстві визначаються значенням кожного інтервалу відвантаження. Аналогічно на підприємстві, розмір «запасів» визначатиметься показником кожного інтервалу, але визначальним буде найдовший інтервал поставки, таким чином, необхідно забезпечити безперебійну роботу виробництва на цей період часу.

Для математичного побудови стабільного циклу (патерну P) [123] впродовж всього періоду планування виразимо найдовший інтервал в постачанні як $l_{\text{max}} \in \{1, 2, \dots, T\}$, інтервали між постачанням позначимо як $j \in \{1, 2, \dots, l_{\text{max}}\}$, а кількість інтервалів у P , як $n_j \in \{0, 1, \dots, f\}$, тоді будуть справедливими наступні рівняння:

$$\sum_{j=1}^{l_{\text{max}}} n_j = f$$

$$\sum_{j=1}^{l_{max}} j \cdot n_j = T$$

Виходячи з цього, можна розрахувати можливі об'єми «запасів» сировини на господарстві, на молокопереробному підприємстві та під час транспортування:

$$I_{\text{господарства}} = \sum_{j=1}^{l_{max}} \left(\sum_{t=0}^{j-1} t \cdot d + \frac{d \cdot j}{2} \right) \cdot n_j \quad (4.29)$$

$$I_{\text{підприємства}} = \sum_{j=1}^{l_{max}} \left(\sum_{t=0}^{j-1} (l_{max} - 1 - t) \cdot d + \frac{d \cdot j}{2} \right) \cdot n_j \quad (4.30)$$

$$I_{\text{транспортування}} = T \cdot d \cdot \tau \quad (4.31)$$

Далі ми можемо сумувати результати «запасів» господарства і підприємства, відповідно, формули (4.29) і (4.30), для зведення їх до одного оператора суми, по всіх інтервалах різних значень j при $1 \leq j \leq l_{max}$, а потім помножимо цю область на значення n_j , при цьому необхідно пам'ятати, що n_j для інтервалу $j = l_{max}$ ап'іорі становить не менше 1. Після цього можна додати і значення з формули (4.31) і отримати рівняння для розрахунку загальної кількості запасів за патерн:

$$\begin{aligned} I_{\text{загальне}} &= \sum_{j=1}^{l_{max}} \left(\left(\sum_{t=0}^{j-1} (t + l_{max} - 1 - t) \cdot d \cdot n_j \right) + d \cdot j \cdot n_j \right) + T \cdot d \cdot \tau \\ &= \sum_{j=1}^{l_{max}} (l_{max} \cdot d \cdot j \cdot n_j) + T \cdot d \cdot \tau \end{aligned} \quad (4.32)$$

Формулу (4.31) можна спростити, якщо вираз $\sum_{j=1}^{l_{max}} (j \cdot n_j)$ прирівняти до T :

$$I_{\text{загальне}} = l_{max} \cdot T \cdot d + T \cdot d \cdot \tau \quad (4.33)$$

Як і передбачалося, загальний запас матеріалів чи сировини у циклі поставок визначатиметься виключно найдовшим інтервалом, а всі моделі, які знижують втрати через великі запаси на складі спрямовані на мінімізацію значення l_{max} .

У разі припущення, що всі значення інтервалів між відвантаженнями є цілими числами, то значення l_{max} повинно бути не

менше $\left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil$, тому мінімальний запас можна розрахувати згідно формули:

$$I_{\min \text{ загальне}} = \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil \cdot T \cdot d + T \cdot d \cdot \tau \quad (4.34)$$

Окрім цього, з формули (4.34) можна розрахувати максимальний об'єм площі складських приміщень, необхідних для зберігання всіх «запасів» постачальника. Для цього необхідно загальну кількість залишків поділити на T , при цьому отримаємо таке рівняння:

$$S_{\max} = (l_{\max} + \tau) \cdot d \quad (4.35)$$

На основі отриманих рівнянь можна знайти розв'язок так званій «проблемі реалізації обмежень» («constraint satisfaction problem» CSP), що визначає набір графіків, які забезпечують мінімізацію запасів виходячи із показника частоти f і періоду планування T . Якщо позначити період в якому відбувається i -те відвантаження матеріалів чи сировини як s_i , то підхід CSP дозволяє встановити ряд допустимих обмежень:

$$s_{i+1} - s_i \leq \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil, \text{ де } i = 1, \dots, f - 1 \quad (4.36)$$

Таким чином, патерн моделі CD1 для дискретного горизонту планування $\{0, 1, \dots, T\}$ з цілими значеннями часу доставки забезпечує мінімальний загальний запас для частоти f , якщо максимальний час між доставками відповідає виразу $\leq \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil$.

Проблема мінімізації загальних запасів та запасів на заводі займає чільне місце з точки зору пріоритетності оптимізації системи постачання. З точки зору управління ланцюгом поставок, ефективніше зберігати матеріали якомога ближче до точки споживання, щоб зменшити ризик простою виробничої лінії, таким чином, загальний розподіл «тижневих запасів» у співвідношенні 40% у постачальник та 60% – на складі заводу є найбільш оптимальним для технологічного процесу [123]. Загалом, можна стверджувати, що будь-яка модель з розробленим патерном є ефективною, якщо забезпечено:

- безперебійну роботу підприємства;
- мінімізацію загальних запасів;
- забезпечення співвідношення запасів постачальник/споживач на рівні 2/3.

Згідно моделі дискретного часу [103], графік лише з двома значеннями інтервалів $\left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor$ і $\left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil$ забезпечують мінімальні запаси та витрати на їх обслуговування. Ця додаткова умова може бути врахована при вираженні значення s_i :

$$s_{i+1} - s_i \geq \left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor \quad (4.37)$$

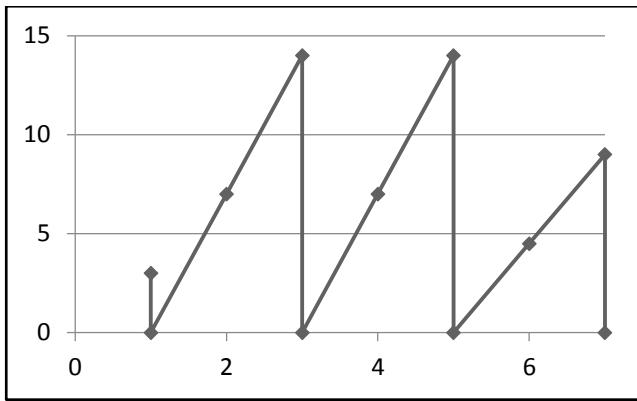
$$s_1 + T - s_f \geq \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil \quad (4.38)$$

Виходячи з припущення, що рівень запасів у постачальника і підприємства однаковий, можна розрахувати затрати для горизонту планування T і частоти транспортування f :

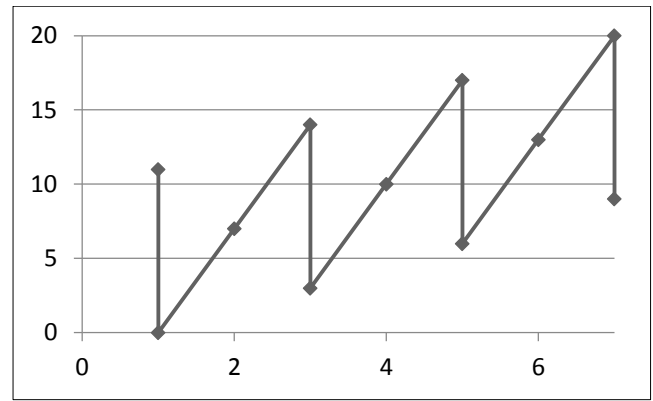
$$c^0 \cdot f + c^h \cdot \left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor \cdot d \cdot T + c^h \cdot d \cdot T \cdot \tau \quad (4.39)$$

3. *Cyclic Discrete Time Inventory Model with Levelled Transport Lots (CDI-LT)*. CDI модель побудови логістичних зв'язків є ефективною, але зумовлює доставку різних за об'ємом партій продукції, сировини або напівфабрикатів, що з точки зору ощадливого виробництва зумовлює втрати. Для забезпечення ефективності роботи виробничого обладнання без втрат на зберігання необхідно впровадити принцип «хейдзунка», що забезпечить доставку транспортних партій необхідних матеріалів однакового розміру та безперебійну роботу виробництва. Цей принцип найбільш ефективно використовувати для системи замовлень на основі принципу «push».

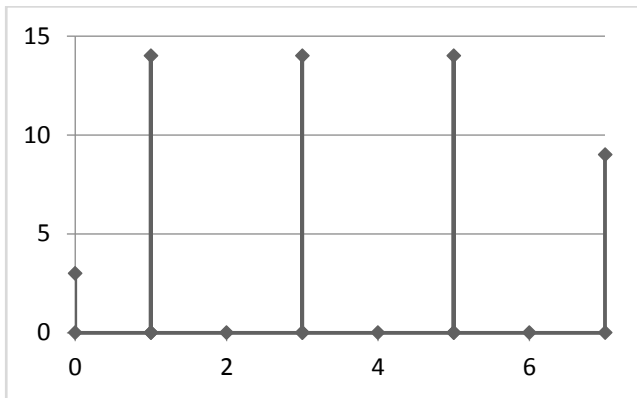
Для візуалізації відмінностей між змінами в кількості матеріалів на складі, об'ємах транспортування та запасах у виробника представимо діаграми на рис. 4.8. Із отриманих діаграм Γ та D видно, що у разі доставки матеріалів партіями стабільного об'єму, їх кількість на складі підприємства дорівнюватиме 0 значно рідше, порівняно з підходом канбан. Такий висновок справедливий для всіх моделей, у яких f не є дільником T [123]. Також необхідно зазначити, що додатковою умовою для цієї моделі є контроль періодів між доставками матеріалів, особливо це стосується найдовшого періоду, який і визначатиме необхідний рівень запасів на складі підприємства.



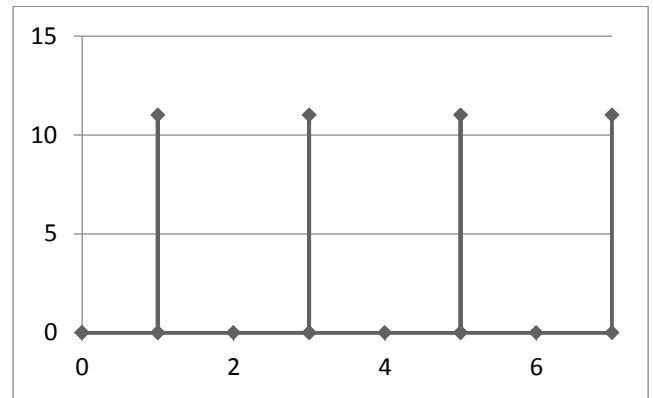
а



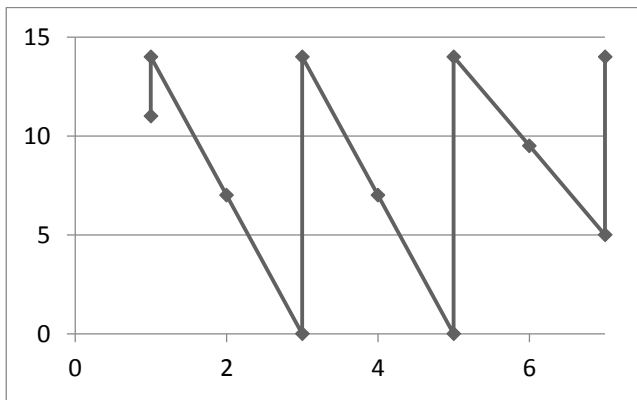
б



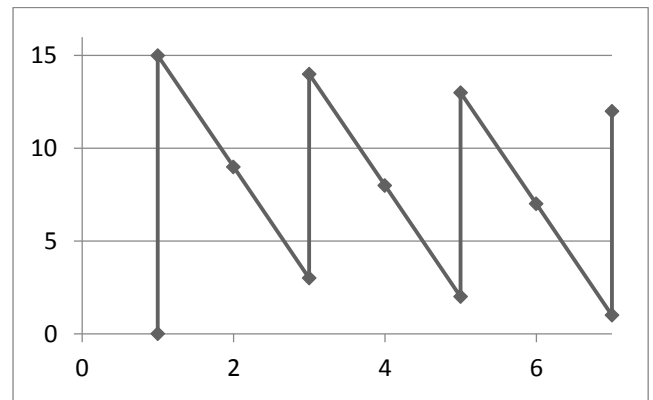
в



г



д



е

Рис. 4.8. Зміни рівня запасів матеріалів у виробника з використанням моделі канбан (а) та хейдзунка (б); об'єм транспортної партії з використанням моделі канбан (в) та хейдзунка (г); кількість залишків на складі заводу з використанням моделі канбан (д) та хейдзунка (е)

Джерело: розроблено автором

Загалом, підхід з управління запасами «хейдзунка» можна представити принципом накопичення матеріалів для адаптації

виробництва до можливих змін в попиті. Математично ці періоди можна виразити таким чином:

$$M^+ = \left(\left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil - \frac{T}{f} \right) \cdot d \quad (4.40)$$

$$M^- = \left(\left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor - \frac{T}{f} \right) \cdot d \quad (4.41)$$

$$M^+ + M^- = 0 \quad (4.42)$$

Єдиною умовою ефективності цього підходу є забезпечення результативності рівняння (4.42). Для цього необхідно щоб підприємство виробляло продукцію в окремо взятому інтервалі трохи більше за $\left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil \cdot d$ або трохи нижче за $\left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor \cdot d$, при цьому, кількість інтервалів, в яких відбувається перевиробництво, має бути мінімальним.

Для розрахунку мінімального патерну доставки матеріалів необхідно припустити, що для значень T і f можна знайти nl , яке відповідатиме значенню натуральних чисел інтервалу розміру $\left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil$ і ns , яке відповідатиме значенню натуральних чисел інтервалу розміру $\left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor$, при цьому, отримані результати повинні виконувати дві умови:

- сума ns і nl повинна дорівнювати значенню f ;
- ns і nl повинні бути цілими додатніми числами.

Виходячи з цього, можна використати значення з рівнянь (4.40) і (4.41) для подальших розрахунків:

$$M^+ \cdot nl + M^- \cdot ns = 0$$

$$ns + nl = f$$

Таким чином,

$$ns = f - nl \Leftrightarrow ns = \left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil \cdot f - T \quad (4.42)$$

Виходячи з того, що ns і nl є цілі додатні числа можна розробити схему доставки матеріалів, для якої значення nl відповідатиме довгому періоду між доставками і довжиною $\left\lceil \frac{T}{f} \right\rceil$ та ns , що відповідатиме короткому періоду між доставками і довжиною $\left\lfloor \frac{T}{f} \right\rfloor$.

Вибір підходу для побудови управління логістичним ланцюгом «третьою стороною» (Third-Party Logistics (3PL)). У сучасному діловому світі для компанії стало дуже важко бути конкурентоспроможною без тісної співпраці із зовнішніми партнерами. Концепція управління ланцюгом поставок виникла в цьому напрямку і спрямована на оптимальне управління фізичними та інформаційними потоками, якими обмінюються всі учасники ланцюга поставок, з метою досягнення одночасного зниження витрат по всьому ланцюжку поставок і відчутного збільшення вартості товарів та послуг.

Такий метод управління логістичними маршрутами виник через глобалізацію виробничих процесів, розвиток ІТ технологій та ефективності такого феномену як «аутсорсинг». Основними перевагами логістичного аутсорсингу є [22]:

- зниження витрат підприємства на утримання штату працівників;
- підвищення продуктивності та ефективності логістичного відділу;
- зосередження компанії на виробничих процесах;
- створення віртуальних підприємств через стратегічні альянси.

Яскравим прикладом ефективності цього підходу є результати дослідження R. Lieb та V. Bentz [109], які продемонстрували, що приблизно 60% компаній зі списку «Fortune 500» у США працюють з моделлю «3PL». Основою ефективності логістичного аутсорсингу є його спеціалізація та надання широкого спектру додаткових послуг.

Вибір «3PL» є підходом з аналізом багатьох матеріальних і нематеріальних критеріїв, які необхідно врахувати, виходячи з конкретних потреб клієнта, цілей та специфіки виробничого процесу. Якщо розглянути роботу M. Spencer та співавторів [162] у якій вчені здійснили опитування 154 компаній, внесених до Американського державного реєстру складів, для визначення основних критеріїв вибору «3PL» в контексті підходу «JIT». У своїй статті автори виділили 23 основних критерії і розмістили їх у порядку зменшення:

1. своєчасність виконання замовлення;
2. якість обслуговування;
3. забезпечення формування ефективного каналу комунікації;
4. надійність виконання замовлення;
5. швидкість обслуговування;

6. гнучкість системи логістики;
7. створення центру підтримки клієнтів;
8. з компанією легко працювати;
9. якість управління;
10. оперативне повідомлення про збої в процесі доставки;
11. забезпечення оптимального часу циклу доставки замовлення;
12. забезпечення регулювання системи доставки;
13. репутація компанії;
14. ціна за послуги відповідає вимогам компанії;
15. місце розташування офісу компанії;
16. можливість надання додаткових послуг;
17. зниження витрат компанії;
18. наявність «спеціальних» знань компанії, яка надає логістичні послуги;
19. зменшення витрат компанії на утримання штату працівників;
20. технічна компетентність компанії, яка надає логістичні послуги;
21. зниження зобов'язань щодо активів;
22. посилення конкурентоздатності компанії
23. наявність у компанії, яка надає логістичні послуги, зв'язків для глобалізації логістичних маршрутів.

Схожі дослідження проведені проведено і рядом інших дослідників [117, 122], які виділили вісім основних критеріїв:

1. своєчасність відвантаження і доставки матеріалів;
2. низький рівень помилок при доставці;
3. фінансова стабільність компанії;
4. креативне управління логістичними процесами;
5. виконання зобов'язань;
6. наявність офісного центру з керівництвом;
7. швидке реагування на збої в системі доставки;
8. оптимізація логістичних процесів для забезпечення їх конкурентоздатності.

Інше дослідження, проведене А. В. Maltz [115] мало на меті визначити пріоритетність для компаній, які використовують «3PL» підхід, одного з двох критеріїв – вартість чи якість послуг. Для цього автор проаналізував три типи складського зберігання: приватне, контрактне та державне, які застосовувалися 105 компаніями в США. Згідно отриманих даних державні та контрактні склади не забезпечують такого рівня якості обслуговування, як приватні склади, що є визначальним критерієм для компаній.

У своєму науковому дослідженні Р. J. Daugherty зі співавторами [43] запропонували критерії вибору компанії, яка надає «3PL» послуги, з точки зору логістичних послуг:

1. можливість надання нагальної допомоги клієнту;
2. адаптація компанії до змін на ринку послуг та праці;
3. гнучкість у задоволенні зовнішніх потреб клієнта;
4. надання консультацій щодо виникнення та розв'язання потенційних проблем;
5. надання послуг чи рекомендацій для оптимізації логістичного процесу;
6. наявність емпіричного досвіду та кваліфікованого персоналу для надання рекомендацій щодо вирішення наявних проблем;
7. формування прозорого інформаційного поля для звітності.

У своєму дослідженні D. Andersson, A. Norrman [9] показали, що критерії відбору «3PL» залежать від напрямку діяльності стороннього виконавця. Компанія, яка хотіла передати на аутсорсинг виконання вхідної логістики, зосередилася на операційних факторах, таких як: наявні потужності фірми, якість їхнього обладнання та фінансова вигода цього процесу. Натомість компанії, які мають складну структуру зосереджуються насамперед на інформаційних технологіях фірми, стилі управління та елементах її корпоративної культури.

Вибір критеріїв вибору фірм для аутсорсингу логістичних процесів можуть бути пов'язані з місцем розміщення та наявності в компанії додаткових послуг. Так, G. Colson і F. Dorigo розробили програмне забезпечення «A public warehouses selection support system» [37], яке дозволяє вибрати необхідний склад з наявних 280 громадських складів у Бельгії ґрунтуючись на чотирьох основних критеріях:

1. *Будівлі* з такими критеріями: площа/об'єм складу, регуляція температури зберігання, сертифікація складу відповідно до ISO 9001/9002, SQAS або HACCP, графік роботи;
2. *Митниця* з трьома можливими варіантами вибору: митниця на місці, митний склад та віртуальний склад;
3. *Логістика* з такими критеріями: ефективність управління запасами, використання штрих-кодів чи інших способів ідентифікації товарів, спосіб відслідковуваності товару, транспортування товару;
4. *Додаткові критерії*: відкриті або закриті вантажно-розвантажувальні доки, автоматичні доки та доки для змінних кузовів/напівпричепів.

Вартість і місце розташування виступали додатковими умовами при виборі складу.

Окрім описаних вище критерій G. L. Sheen і С. Т. Tai [149] на основі дослідження 64 компаній, які займаються продажами на Тайвані виділили для фірм Азіатського регіону ще дві характеристики вибору «3PL»:

1. *історія роботи компанії*, наприклад, компанія з історією надання послуг від 3 до 10 років має вищий пріоритет у порівнянні з компанією з історією менше 3 років.

2. *капіталізація компанії*, фірми з капіталом в інтервалі від 10 до 50 мільйонів доларів мають вищий рейтинг, порівняно з компаніями з капіталізацією менше 10 мільйонів.

Якщо розглянути основні критерії вибору фірм для аутсорсингу логістичних процесів в Європі, то можна виділити такі [128]: якість і надійність транспортування і доставки; охоплення компанією ринку «3PL», особливо на міжнародному рівні; фінансові витрати і компетенція працівників фірми.

Зовсім інший підхід до аналізу ефективності впровадження аутсорсингу логістичних перевезень продемонстрував у своєму дослідженні S. M. Aghazadeh [4]. Автор здійснив порівняння якості впровадженої роботи з впровадженими елементами корпоративної культури та виділив п'ять відповідних факторів:

- подібні корпоративні цінності та цілі компаній на майбутнє;
- розвинута система інформаційних технологій;
- впроваджена довіра між компаніями;
- взаємна повага;
- спільна готовність до змін для підвищення ефективності взаємної співпраці.

На основі цих факторів автор також розробив алгоритм побудови співпраці між компаніями:

1. компанія досягає відповідного щабля розвитку, коли приймає рішення про необхідність залучення зовнішніх компаній для забезпечення ефективності її логістичних ланцюгів;

2. розробка кількісних показників відбору потенційних компаній для подальшої співпраці, а також постановка цілей і термінів їх досягнення, як індикаторів ефективності співпраці та, відповідно, правильності вибору компанії для аутсорсингу;

3. процес відбору компаній-кандидатів;

4. створення списку найбільш успішних компаній та вибір однієї з них для потенційної співпраці;

5. початок нового партнерства з обраним провайдером.

Відмінний підхід до побудови взаємодії між компанією виробником та компанією, яка управляє її транспортними потоками, продемонстрували R. R. Sinkovics і A. S. Roath [156]. Автори проаналізували співпрацю 142 компаній у Великобританії та Ірландії з точки зору конкурентоздатності та адаптивної ефективності і виявили чотири основних фактори:

1. орієнтація на клієнта;
2. операційна гнучкість;
3. орієнтація на конкурентів;
4. повна співпраця між компаніями.

Окрім цих факторів автори розробили чотири показники, які максимально ефективно характеризують такий «симбіоз»:

1. систематичне підвищення рівня обслуговування;
2. скорочення часу циклу доставки;
3. оперативна обробка виявлених невідповідностей та розробка ефективних корегувальних дій;
4. підвищення задоволення кінцевого клієнта.

Останній підхід, який заслуговує увагу, до аналізу ефективності «3PL» запропонований двома американськими вченими – А. М. Kne Meyer і Р. Р. Murphy [100] і він ґрунтується на 9 ключових вимірів маркетингу відносин, а саме: довіра, спілкування, опортуністична поведінка, репутація, задовільні попередні результати, конкретні інвестиції, прихильність, залежність, і взаємність.

Вибір «3PL» є складним питанням, бо вимагає врахування багатьох критеріїв різних векторів – від технологічного з врахуванням економічної сторони виробництва до соціальних наслідків для компанії, що, власне, підтверджується великим різноманіттям напрямків досліджень, представлених вище. Ще одним показовим фактором важливості вирішення питання аутсорсингу логістики є добровільна участь в дослідженнях стількох компаній по всьому світу. Окрім критеріїв оцінки вибору «3PL» не вирішеним залишається питання оптимального методу реалізації цього процесу. За останні десятиліття досягнуто значного прогресу в цьому питанні та запропоновано ряд ефективних алгоритмів [5, 6, 32, 86]:

1. методи мультиатрибутного прийняття рішень (multiattribute decision-making «MCDM»);
2. статистичні підходи;
3. застосування штучного інтелекту;
4. математичне програмування;
5. гібридні методи.

1. *Методи мультиатрибутного прийняття рішень* – це спосіб прийняття обґрунтованого рішення щодо вибору «ЗРЛ» оперуючи основними критеріями обмеженого набору альтернатив. Основними методами MCDM є:

- процес аналітичної ієрархії (Analytic Hierarchy Process «АНР»);
- аналітичний мережевий процес (Analytic Network Process «АНР»);
- інтерпретативна структурна модель (Interpretive Structural Model «ISM»);
- техніка переваги замовлення за схожістю з ідеальним рішенням (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution «TOPSIS»);
- багатокритеріальний оптимізаційне та компромісне рішення (Multi- Criteria Optimization and Compromise Solution «VIKOR»);
- лабораторія випробувань та оцінки прийняття рішень (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory «DEMATEL»);
- елімінація та вибір згідно реальності (Elimination and Choice Expressing Reality «ELECTRE»);
- теорія нечітких множин (Fuzzy Sets Theory «FST»);
- формування функції якості (Quality Function Deployment «QFD»).

Процес аналітичної ієрархії (АНР) – це теорія використання кількісних вимірних характеристик та нематеріальних критеріїв для досягнення поставлених цілей [171]. Таким чином, цей метод дозволяє не використовувати числові значення ймовірностей та, відповідно, не проводити математичні розрахунки для їх вираження, бо передбачає використання не вимірних суб'єктивних суджень [64]. Окрім цього метод АНР дозволяє побудувати структуру вирішення проблем, використовуючи системний підхід до аналізу всіх елементів будь-якої проблеми [145]. Цей підхід до вирішення завдання складається з трьох етапів [179]:

1. декомпозиція – розкладання складної проблеми на окремі рівні та їх складові елементи.

2. встановлення пріоритетності – використання методології вимірювання для встановлення пріоритетів між елементами для побудови ієрархії виділених рівнів проблеми.

3. синтез пріоритетів – пошук основних пріоритетів елементів для формування найбільш ефективного альтернативного рішення.

Ще однією перевагою використання підходу АНР є використання крос-функціональної групи спеціалістів для вирішення пос-

тавленого завдання. У своїй роботі R. F. Dyer і E. H. Forman [55] виділили чотири основних переваги застосування методу АНР для групи спеціалістів:

- використання матеріальних і нематеріальних активів, особистісних та колективних цінностей для прийняття рішення;
- досягнення цілей через дискусію, яка дозволить об'єктивно оцінити запропоновані альтернативи;
- об'єктивний аналіз усіх виділених факторів;
- прийняття колегіального рішення, ґрунтується на об'єктивному аналізі.

Для прикладу застосування цього методу можна розглянути підхід підбору складських приміщень для компанії. На першому етапі застосування методу АНР членам крос-функціональної групи необхідно проаналізувати критерії, які було використано для оцінки вибору альтернативних складів. Оскільки роль складського господарства, як частини логістики полягає в підтримці компанії в досягненні її основних фінансових цілей, керівник відділу логістики повинен проаналізувати наявну ситуацію та сформулювати основні критерії вибору альтернативних площ складських приміщень. Окрім цього, сформовані критерії повинні забезпечити досягнення задекларованих корпоративних цілей, а саме:

1. досягнення п'ятої позиції по об'єму продаж продукції;
2. підвищення конкурентоздатності компанії через диференціацію своєї продукції з кращим обслуговуванням для клієнтів;
3. підвищення якості продукції та зниження її собівартості через застосування процесного мислення, ефективної комунікації та синергізму у співробітництві між елементами ланцюга створення вартості.

Після консультацій з керівниками відділу продажів і маркетингу, а також з деякими основними клієнтами, керівники логістики визначають надійність як один із ключових критеріїв, які необхідно включити в процес вибору місця складу. Дотримання інструкцій, які дає персонал корпоративної логістики або клієнти корпорації А, є одним з основних аспектів надійності. Точність управління запасами та звітами суттєво впливає на управління корпоративною логістикою, а також розкриває можливості інформаційних систем, які використовуються на певному складі. Доступність і надійність транспортних послуг є важливим фактором, який слід враховувати при виборі місця складу. Іншими елементами надійності є матеріально-технічний стан

засобів та обладнання, навички персоналу та робота з продукцією без втрат і пошкодження.

Другою групою критеріїв, визначених керівниками логістики, є гнучкість роботи системи. Складові гнучкості включають здатність певного оператора складу виконувати будь-які спеціальні запити корпорації або клієнтів, здатність відповідати на нагальні потреби в отриманні або доставці продукції, а також наявність як складських, так і транспортних можливостей для збереження «гомеостазу» доставки у разі істотних змін в об'ємах продажів.

Третьою групою критеріїв вибору місця складу є відповідність складу типу продукції, а також можливості встановлення синергічних зв'язків між корпорацією А та оператором складу:

- побудова довгострокової взаємодії між корпорацією А та оператором складу;
- впровадження у роботу оператора складу елементи корпоративної культури та іміджу корпорація А;
- можливість надання оператором складу додаткових послуг, які не пов'язані безпосередньо із зберіганням товару.

Після визначення ключових факторів якісного аналізу потенційних операторів складів, здійснюється побудова АНР-структури, яка візуалізує взаємозв'язки між елементами та відображає їх ієрархію [101] (рис. 4.9).



Рис. 4.9. АНР-структура вибору найкращого оператора складських приміщень

Джерело: [101]

Структура критеріїв, представлена на рисунку 7, складається з декількох рівнів: на найвищому рівні знаходиться основна ціль процесу, нижче – основні критерії, які дозволять досягнути поставлену ціль, а найнижче – підкритерії, які застосовують для перевірки кожного оператора складських приміщень. Сконструйована ієрархія утворює логічне уявлення про складний, поліфакторний процес прийняття рішень і ефективно описує взаємозв'язки між усіма елементами системи оцінки. Ієрархія сприяє розумінню принципів оцінки та консенсусу в прийнятті остаточного рішення щодо вибору площі складів.

Наступним кроком якісного аналізу є визначення пріоритетів для кожного елемента в ієрархії. Пріоритети встановлюються шляхом попарного порівняння кожного набору елементів щодо кожного з попередніх елементів [179]. Для порівнянь, які можуть базуватися на об'єктивних, кількісних даних або суб'єктивних, якісних судженнях, можна застосувати емпіричну бальну шкалу. У разі залучення групи спеціалістів для визначення пріоритетності визначених критеріїв досягнення поставленої цілі можна використовувати такі підходи [55]:

- досягнення консенсусу суджень через проведення обговорення чи дебатів;
- відкрите або закрите голосування;
- встановлення середнього геометричного судження залучених працівників компанії.

Кількісну оцінку важливості вказаних на рис. 7 критеріїв здійснено за допомогою розрахунку середнього геометричного судження усіх членів групи, оскільки воно дозволяє врахувати всі судження, зберегти взаємну властивість матриці суджень та забезпечити кількісний результат [1]. Таким чином, кожен з трьох критеріїв отримав числове вираження, яке становить:

- «надійність» – 0,462;
- «гнучкість» – 0,385;
- «синергізм» – 0,153.

Із отриманих даних видно, основними є два критерії, які передбачають ефективність роботи за будь-яких умов, у той же час критерій «синергізм» має найнижчий рівень пріоритетності. Незважаючи на низький показник, цей критерій є важливим для побудови ефективної роботи впродовж довгого періоду часу, саме тому він знаходиться в когорті основних критеріїв відбору.

Аналогічно оцінено підкритерії кожного з трьох критеріїв, виділених на рисунку 7, найбільш пріоритетним з критерія «надійність» є «дотримання інструкції», що, ймовірно, пов'язана з бажанням компанії бути впевненою в ефективності роботи персоналу складу та забезпеченні ощадливості виробництва. Це припущення підтверджується тим фактом, що критерієм з найнижчим значенням «пріоритетності» є «робота без втрат». Якщо розглянути критерій «гнучкість», то можна побачити, що основною вимогою є «виконання спецзамовлень», що, очевидно, обумовило клієн-орієнтованою політикою компанії, яка передбачає виконання всіх замовлень та, за потреби, розробка нових типів продукції. Щодо критерію «синергізм», то необхідно розглянути два перших підкритерії – «довгострокова взаємодія» і «впровадження елементів корпоративної культури», перший вказує на бажання забезпечення стабільності в роботі компанії, а інший – на додаткові умови досягнення поставленої мети. Адже асиміляція працівників в корпоративній культурі компанії забезпечить їхню ефективну роботу та достатній рівень мотивації для досягнення поставлених цілей.

Критерії методу АНР можуть бути різними і визначатися у відповідності до потреб компанії. Наприклад, для оцінки якості обслуговування ЗРЛ в Кореї дослідники [160] використали п'ять основних критеріїв: відчутність, надійність, чуйність, впевненість і емпатію. Іншим показовим дослідженням є [77], у якому автори для вибору ЗРЛ в сфері турецької автомобільної промисловості використали АНР-метод, при цьому виділено 27 критеріїв, які відображали не лише економічну сторону підходу до цього питання, а й забезпечення організації роботи.

4.3. Сучасні тренди розвитку логістики

Аналіз «продовольчої милі». У зв'язку зі збільшенням глобальної уваги до впливу процесу транспортування на навколишнє середовище це питання не оминуло і харчову промисловість [36]. Доставка продуктів харчування є однією з критичних точок у виробництві продукції, особливо для продукції, яка швидко псується, окрім цього, необхідно врахувати графік доставок та додаткове екологічне навантаження через необхідність підтримання температурних режимів зберігання [82]. З екологічної точки зору

деякі автори припускають, що транспортування харчових продуктів з малим терміном придатності збільшує загальні викиди CO₂ більше ніж на 20% [44, 114]. Для аналізу цього процесу введено поняття «продовольча миля» («food mile» або «Foodkm»), яку можна розглядати як індикатор стійкості (з впливом на навколишнє середовище та економіку) під час аналізу сталого споживання та виробництва в ланцюзі постачання харчових продуктів [71].

Застосування цього підходу до окремо взятої продукції надає нам різні за значеннями оцінки, однією з найбільш популярних є усереднений показник, який можна виразити [146]: «середня порція страви на вашій тарілці подолала 1500 миль». У зв'язку з такими даними зростають заклики до споживання «місцевих» харчових продуктів від місцевих виробників [51]. Підтвердженням масовості цієї суспільної ініціативи є той факт, неологізм «locavore» ще в 2007 році було визнано Оксфордським американським словником «словом року» [135]. Це слово було придумано, щоб заохотити місцевих жителів купувати та споживати продукти харчування, вирощені/вироблені в радіусі 100 миль від їхнього місця проживання.

Вчені з різних країн проводили розрахунок «продовольчої милі», головним чином на макрорівні, аналізуючи конкретний продукт з точки зору місцевої економіки, наприклад, Lopez L.-A. з іншими науковцями [114] оцінив викиди вуглекислого газу на одну «продовольчу милю» в Іспанії, а Kissinger, M. [97]. У обох цих публікаціях автори приходять до висновку, що транспортування продуктів харчування стає проблемою для навколишнього середовища, особливо при постійному зростанні частки імпорту продовольчих товарів. У різних дослідженнях автори проводять розрахунок викидів парникових газів по-різному, враховуючи модель транспортних засобів, якість палива, тощо [146], яскравими прикладами цього є дані, опубліковані С. L. Weber і Н. S. Matthews [175], згідно яких транспорт є причиною до 11% загальних викидів парникових газів впродовж життєвого циклу харчових продуктів, тоді як згідно розрахунків S. Sim та його колег [150] цей показник становить лише, приблизно, 3,5%.

На сьогоднішній день підвищений інтерес до «місцевих» продуктів харчування серед споживачів базується на переконанні, що така їжа є більш екологічною [2]. В дану концепцію «екологічності» продукції входить і зниження негативного впливу автомобільних

викидів при транспортуванні продовольчих товарів, тим не менш, E. Schmitt зі співавторами [38] показали, що основні фактори стійкості, пов'язані з місцевими продуктами, обумовлені бажанням споживачів підтримати місцевого виробника, реалізацією якіснішої продукції місцевого виробництва, а також ефективністю управління логістикою та реалізацією товару, а не відстанню та викидами вуглекислого газу в атмосферу.

Є кілька методів, які спрямовані на аналіз стійкості транспортування харчових продуктів:

– *оцінка життєвого циклу* («Life cycle assessment» LCA) – це метод ґрунтується на розрахунку затрачених ресурсів компанією впродовж всього життєвого циклу продукту, а також негативний вплив виробництва і транспортування на навколишнє середовище [10];

– *модель індикаторів* застосовує ряд обраних показників для оцінки стійкості транспортної системи компанії, а також можуть служити для перевірки ефективності впроваджених змін [166];

– *аналіз витрат і отриманого прибутку* розраховує економічну сторону стійкості транспортних перевезень, але показує труднощі в оцінці зовнішніх і соціальних витрат, таких як забруднення повітря, шумове забруднення та можливі аварійні ситуації [10].

– *зведений індекс оцінки стійкості транспорту* [76] дозволяє проаналізувати процес транспортування харчових продуктів в трьох основних площинах стійкості: економічній, соціальній та екологічній.

Підхід нечіткої логіки («Fuzzy logic») як інструмент для розрахунку та інтерпретації стійкості транспортної доставки почав використовуватися не так давно: A. Awasthi та колеги [10] використовували цей підхід для оцінки стійких транспортних систем за допомогою 24 показників стійкості; у свою чергу K. Govindan [73] та співавтори зосередилися на стратегічній інтеграції прямого та зворотного потоків під час проектування моделі мережі поставок із замкнутим циклом у нечіткому середовищі.

На сьогоднішній день вкрай мало досліджень пов'язаних з аналізом логістики доставки молочної сировини та продуктів у країнах зі слабкою економікою, особливо для підприємств місцевого значення, автопарк яких представлений застарілою технікою. Саме тому, проведено дослідження стійкості логістичних ланцюжків доставки ґрунтуючись на даних двох молочних підприємств, розташованих на заході України.

1. Проведено розрахунок LCA для оцінки транспортування впродовж всього ланцюжка: молочна ферма – молокопереробне підприємство – роздрібна торгівля, як функціональною одиницею було обрано 1 кг кінцевого молочного продукту.

2. Розрахунок транспортної «продовольчої милі» ґрунтувався на методології, представленій у Рекомендаціях Університету Айови [31]:

$$AD = \frac{\sum(m(k) \cdot d(k))}{\sum m(k)} \quad (4.43)$$

де, AD – середня відстань між постачальником та виробником кінцевої харчової продукції, наприклад, між молочним господарством та молокопереробним заводом;

$m(k)$ – кількість сировини або пакувального матеріалу виготовленого у постачальника (k);

$d(k)$ – відстань між постачальником та виробником кінцевої харчової продукції.

Загальна відстань («Total Distance» (TD)) – це параметр, який розраховується для кінцевих продуктів виробництва таким чином:

$$TD = \sum (W \cdot T \cdot D \cdot R) \quad (4.44)$$

де, W – маса кожного інгредієнта (на 1 т продукції);

D – відстань транспортування між виробником та виробником кінцевої харчової продукції, розрахована як AD;

T – відсоток від загальної кількості, використаної із загальної кількості для кожного інгредієнта;

R – співвідношення маси транспортування до маси переробленої продукції (для молока 100%).

Відстань для кінцевого продукту («Final product distance» (FD)) – це параметр, який розраховується для кінцевих продуктів, що поставляються в роздрібну торгівлю. Для розрахунку цього показника використовується рівняння (4.43), де $m(k)$ – кількість готової продукції, а $d(k)$ – відстань між виробником кінцевої харчової продукції та ритейлом.

Таким чином, продовольчу милю («FM») – це відстань, яку харчовий продукт проходить по всьому ланцюжку «інгредієнт-завод-ритейл» [31]. У математичному вираженні цей показник можна розрахувати за допомогою рівняння:

$$FM_{\text{молоко}} = TD_{\text{молока}} + TD_{\text{пакування}} + FD \quad (4.44)$$

Інтегрована модель для розрахунку стійкості логістичних ланцюжків складається з чотирьох груп критеріїв: ресурси, клімат, економічна ефективність та вплив на суспільство [113]. Поняття «Ресурс» включає в себе три критерії:

- значення «продовольчої милі» для цього продукту (P_1);
- використання відновних та не відновних ресурсів для виробництва продукції (P_2);
- використання енергії для виробництва відповідної кількості продукції (P_3).

Щодо критерію «клімат», то обрані показники взяті з праці А. Awasthi та співавторів [10], які показали їх зміни при транспортуванні продукції, а саме:

- вплив на можливість глобального потепління (K_1);
- забруднення повітря (K_2).

Економічні критерії вибрані відповідно до даних [56, 114] про економічні аспекти впливу харчової промисловості і транспортування на навколишнє середовище:

- середня кількість молока переробленого за добу (E_1);
- вихід продукту (E_2);
- частка виробництва молока на підприємстві (E_3).

Соціальні критерії модифіковано, виходячи з наукової роботи [140]:

- кількість працівників, які працюють на підприємстві (C_1);
- доступність продукції для споживачів (C_2);
- безпечність готової продукції (C_3) – відповідність вимогам державним стандартам.

Для інтегрування цих індикаторів використано принципи нечіткої логіки – це інструмент, який дозволяє провести математичні обрахунки із застосуванням лінгвістичної змінної [185]. Таким чином, усі представлені вище показники мають три лінгвістичні значення – $P_1 - P_3$, $K_1 - K_3$ і $E_1 - E_3$ – «високий», «середній» і «низький», а C_1 – «мала», «середня» та «велика»; C_2 – «локальна», «регіональна», «державна»; C_3 – «юридична», «системна» і «сертифікована». Представлені триангулярні нечіткі числа використовувалися для апроксимації лінгвістичних змінних [141] (табл. 4.9).

Для забезпечення об'єктивності отриманих даних проведено аналіз не лише наявних теоретичних даних – розроблених документів НАССР та статистичних показників з відкритих джерел, а й проведено оцінку компанії за вказаними критеріями групою незалежних експертів в галузі молочної технології за методом

«Делфі», аналогічно до роботи [72]. Цей метод є ітераційним підходом, який застосовують для максимально незалежної оцінки системи та отриманні середнього значення оцінки усіх експертів на основі досягнення між ними консенсусу [84].

Таблиця 4.9

Лінгвістичні значення і триангулярні нечіткі числа критеріїв аналізу стійкості транспортних ланцюгів

Критерії	Лінгвістичні значення	Числове вираження
P ₁	«високий», «середній» і «низький»	0–1000 км
P ₂	«високий», «середній» і «низький»	0–200 л
P ₃	«високий», «середній» і «низький»	0–4 Мдж
K ₁	«високий», «середній» і «низький»	0–1,5кг CO ₂
K ₂	«високий», «середній» і «низький»	0–2г NOx в еквіваленті
E ₁	«високий», «середній» і «низький»	50–1000 т
E ₂	«високий», «середній» і «низький»	0–100%
E ₃	«високий», «середній» і «низький»	0–100%
C ₁	«малий», «середній» і «великий»	50–500 працівників
C ₂	«локальна», «регіональна», «державна»	0–100%
C ₃	«юридичний», «системний» і «сертифікований»	0–100%

Джерело: [51]

Для розрахунку індексу транспортної стійкості використано композитний індекс – підхід для аналізу системи, яка характеризується рядом факторів, що дозволяє поєднати їх в одне значення [21]. Такий підхід є популярний для дослідження стійкості транспортних перевезень [154], при цьому, необхідно розробити власний принцип вкладу кожного з критеріїв в загальну оцінку системи [67]. Виходячи з аналогічних досліджень [155] прийнято рішення, що всі чотири критерії мають однаковий вклад в загальну оцінку стійкості логістичних ланцюжків підприємства.

Всі критерії було розділено на два типи:

– інтерпретація результатів аналізу критеріїв першого типу («ресурси» та «клімат») підлягала логіці: чим менше значення показника, тим краще реалізований критерій. Для цього типу параметрів *CI* (індекс критерію) розраховували за рівнянням:

$$CI = \frac{x_i}{x_{max}} \quad (4.45)$$

x_i – виміряне значення під час дослідження;

x_{max} і x_{min} – максимальне і мінімальне значення критерію.

– інтерпретація результатів аналізу критеріїв другого типу («економіка» та «вплив на суспільство») підлягала логіці: чим вище

значення показника, тим краще реалізований критерій. Для цього типу параметрів CI (індекс критерію) розраховували за рівнянням:

$$CI = \frac{x_{max} - x_i}{x_{max} - x_{min}}; x_i \leq x_{max} \quad (4.46)$$

Для розрахунку індексу транспортної стійкості (transportation sustainability index «TSI») використано підхід S. Rajak та співавторів [141] згідно якого необхідно припустити, що всі отримані значення представляють евклідовий простір R^N (N – кількість критеріїв), відповідно індекси критеріїв являються векторами $CI = CI_1, CI_2, \dots, CI_N) \in R^N$ [88]. Після розрахунку всіх CI евклідова норма вектора, компонентами якого є індекси CI_N , представлятиме рівняння індексу транспортної стійкості [62]:

$$TSI = \sqrt{\sum_{j=1}^N (CI_j)^2} \quad (4.47)$$

У своїй статті Finotti E. та співавтори [62] інтерпретують отримане значення індекса за такою логікою: «чим далі від початкової точки знаходиться вектор, тим гірше значення «TSI», і навпаки, чим ближче вектор до початкової точки, тим краще значення «TSI».

Отримані дані розрахунків (табл. 4.10) підтверджують той факт, що виробництва, які реалізують свою продукцію на місцевому та районному рівні, мають меншу продовольчу мілью порівняно з розподілом на регіональному рівні

З огляду на результати розрахунку «продовольчої миль» можна побачити, що вона у 1,85 раза коротша для підприємства, яке займається реалізацією своєї продукції на місцевому і районному рівні. Підтвердженням цього, також слугує значно вищий розхід палива і, відповідно, викиди парникових газів при перевезенні продукції. Тим не менш, у своїй праці E. Schmitt з колегами [38] продемонстрував, що транспортний шлях не є першочерговим фактором викидику діоксину вуглецю, оскільки вид транспорту, ефективність системи розподілу та вантажопідйомність автомобілів мають більший вплив. Тому, дотримуючись рекомендацій D. Coley та співавторів [36] проведено розрахунок затрат пального і, відповідно, викидів CO_2 в атмосферу, на один кілограм харчової продукції у логістичному ланцюзі перевезень. Такий підхід забезпечить об'єктивність оцінки негативного впливу на навколишнє

середовище з огляду на використання нафтопродуктів, збільшення парникових газів і забруднення повітря загалом.

Таблиця 4.10

Результати розрахунку критеріїв аналізу стійкості транспортних ланцюгів молочних підприємств на основі перевезення молока питного

Критерій	Лінгвістичні значення	Молокопереробний завод № 1	Молокопереробний завод № 2
P ₁	«продовольча миля»	596,03	321,45
P ₂	ресурси для виробництва продукції	119,2	35,36
P ₃	використання енергії для виробництва	1,630	0,632
K ₁	вплив на можливість глобального потепління	1,132	0,924
K ₂	забруднення повітря	2,09	1,42
E ₁	середня кількість молока переробленого за добу	486	132
E ₂	вихід продукту	100	100
E ₃	частка виробництва молока на підприємстві	17,03	40,52
C ₁	кількість працівників, які працюють на підприємстві	254	92
C ₂	доступність продукції для споживачів	100	50
C ₃	безпе́чність готової продукції	Сертифікована	Системна

Джерело: розроблено автором

Автопарк молокопереробного підприємства № 1 складається з тягачів марки «DAF» і «MAN» різних екологічних стандартів двигуна від «Євро-3» до «Євро-5»; загалом, автомобілі не є новими, але відповідають екологічним стандартам Європи і здатні перевозити до 20 тонн готової продукції. У той же час на молокопереробному підприємстві № 2 автопарк представлений моделлю «Газель» з аналогічним значенням екологічного стандарту двигуна, тим не менш, загальна тоннажність такого транспортного засобу не перевищує 3,5 тонн. Якщо врахувати ці дані та провести розрахунок теоретичної витрати палива на 1кг продукції то можна отримати такі показники:

$$MЗ \text{ №}1 = \frac{596,03 \text{ км} \cdot 119,2 \text{ л}}{20000 \text{ кг}} = 3,55 \frac{\text{км} \cdot \text{л}}{\text{кг}}$$

$$MЗ \text{ №}2 = \frac{321,45 \text{ км} \cdot 35,36 \text{ л}}{3500 \text{ кг}} = 3,24 \frac{\text{км} \cdot \text{л}}{\text{кг}}$$

Отримані показники, практично, однакові, що не дозволяє підтвердити факт «екологічності» напрямку реалізації своєї продукції на місцевому рівні. Окрім цього, необхідно зауважити, що ці розрахунки враховують лише тоннажність автомобілів, а загальна кількість виготовленої продукції залишається поза увагою. Тому, якщо припустити, що обоє підприємств випускають однакову кількість молока питного, наприклад, 60 тонн/день, то встановлене нами значення «екологічного впливу» зміниться:

$$M3 \text{ №1} = \frac{596,03 \text{ км} \cdot 119,2 \text{ л} \cdot 60000 \text{ кг}}{20000 \text{ кг}} = 10,65 \text{ км} \cdot \text{л}$$

$$M3 \text{ №2} = \frac{321,45 \text{ км} \cdot 35,36 \text{ л} \cdot 60000 \text{ кг}}{3500 \text{ кг}} = 55,54 \text{ км} \cdot \text{л}$$

Отримані результати показують, що невеликі місцеві молокозаводи мають більший вплив на навколишнє середовище, що суперечить ідеям пов'язаних із місцевими виробниками продуктів харчування, як способу збереження екології і низьким викидам вуглецю [146]. Таким чином, можна виділити ряд факторів, які визначають ефективність «продуктової милі» в розрізі показників «Клімат» та «Ресурси»:

- тоннажність автомобілів для реалізації перевезень продукції;
- тип двигуна та значення його екологічного стандарту;
- тип палива та його хімічний склад;
- застосування фільтрів для очистки вихлопних газів.

Подібні результати аналізу роботи молокопереробних підприємств і схожі висновки можна знайти в роботах інших авторів, наприклад, J. S. Cooper рзі співавторами [39] також прийшли до висновку про необхідність враховувати стан автопарку підприємства при аналізі його впливу на екологію; S. Tassou з колегами [167] також вивчали додатковий вплив роботи охолодження автомобілів при транспортуванні молочної сировини та готової продукції на екологічні показники логістики, що, безсумнівно, виступає ще одним об'єктивним фактором при аналізі «продуктової милі»; у своїй роботі I. Djekic з рядом інших науковців [58] дійшли висновку, що навколишнє середовище в молочній промисловості можна покращити шляхом використання нових екологічно чистих транспортних засобів та оптимізації транспортних маршрутів.

При аналізі економічних показників, а також, враховуючи значення середнього переробки молочної сировини на добу, можна стверджувати, про порівняння великого заводу (M3 № 1) та малого (M3 № 2). Особливо це помітно при порівнянні частки виго-

товленої продукції, яка припадає на молоко питне, а також його вираження у кілограмах. Додатковою причиною вибору цього продукту, як еталону для порівняння значень «продуктової милі» є той факт, що технологія його виробництва є простою і не передбачає додаткових процесів, наприклад, як при виробництві йогурту, окрім цього, як відомо [48], тип харчового продукту, його склад і консистенція мають безпосередній вплив на спосіб, загальний об'єм палетування і транспортування, що визначає вплив на навколишнє середовище.

«Соціальні критерії» важко кількісно оцінити, особливо в питанні доступності для споживачів адже це поняття пов'язане з фінансовою стороною стану суспільства, що швидко змінюється під час державної кризи, обумовленої пандемією та війною [148]. З іншого боку, ще у 2008 році французькими вченими [158] проведено опитування серед споживачів щодо розуміння проблеми «продовольчих» миль, при цьому встановлено обізнаність консьмерів про логістичний шлях харчового продукту, однак не враховують ці дані при купівлі продукції.

Одним з важливих показників цього критерію є «безпечність готової продукції», так, молокопереробний завод № 1 сертифікований FSMSs, тоді як на молокопереробному заводі № 2 впроваджено лише юридично необхідні вимоги безпеки харчових продуктів, які включають в себе перевірку продукції компетентними контрольними органами та впровадження принципів НАССР.

Щодо лінгвістичного вираження критеріїв аналізу, то вони представлені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Лінгвістичні значення критеріїв аналізу стійкості транспортних ланцюгів молокопереробних підприємств

Критерій	Лінгвістичні значення	Числове вираження	МЗ № 1	МЗ №2
P ₁	«високий», «середній» і «низький»	0–1000 км	середній	низький
P ₂	«високий», «середній» і «низький»	0–200 л	середній	низький
P ₃	«високий», «середній» і «низький»	0–4 Мдж	середній	низький
K ₁	«високий», «середній» і «низький»	0–1,5 кг CO ₂	високий	високий
K ₂	«високий», «середній» і «низький»	0–2 г NO _x в еквіваленті	високий	середній
E ₁	«високий», «середній» і «низький»	50–1000 т	середній	низький
E ₂	«високий», «середній» і «низький»	0–100%	високий	високий
E ₃	«високий», «середній» і «низький»	0–100%	низький	середній
C ₁	«малий», «середній» і «великий»	0–1000 прац	високий	низький
C ₂	«локальна», «регіональна», «державна»	0–100%	державна	регіональна
C ₃	«юридичний», «системний» і «сертифікований»	0–100%	системний	юридичний

Джерело: розроблено автором

Щодо розрахунку індексу транспортної стабільності то цей показник для молокопереробного заводу № 1 становить 1,954, тоді як для молокопереробного заводу № 2 – 1,933. Отримані дані, практично, не відрізняються між собою, хоча їхні загальні вхідні дані є протилежними: державний і регіональний виробник продукції; мала компанія проти середньої; різні підходи до системи якості харчових продуктів; різні об'єми переробки молочної сировини та частки молока питного в загальному пулі кінцевої продукції виробництва. Таким чином, можна стверджувати, що поняття «місцева їжа» та «продовольчі милі» є одним з інструментів політики протекціонізму відновлення місцевого сільського господарства та альтернативних джерел виробництва харчових продуктів [94].

Крім того, це дослідження узгоджується з висновками інших досліджень [45], які припускають, що оцінка екоефективності транспорту підприємства є кроком до сталого розвитку, адже використання великогабаритних і сучасних автомобілів мають економічні та екологічні переваги у порівнянні з малотоннажним транспортом. Незважаючи на те, що багато зацікавлених сторін відіграють важливу роль у забезпеченні сталості транспортування, включаючи фермерів, виробників продуктів харчування та роздрібних торговців, вони не об'єднані єдиною візією щодо ролі «продовольчих» миль і транспортування продуктів харчування в цілому [94], що підтверджується в інших дослідженнях [38]. Окрім цього, отримані результати підтверджують ідею В. Agarski і колег [3] про необхідність використання індивідуальних критеріїв в LCA для об'єктивної оцінки сталості логістичного транспортування та його впливу на навколишнє середовище.

Впровадження моніторингу за температурними режимами транспортування продукції. За останнє десятиліття відбувся значний прогрес інформаційних технологій, в тому числі і в сфері трекінгу маршрутів транспортних засобів та аналізу окремих фізичних показників продукції. На сьогодні, такі технології, як радіочастотна ідентифікація (Radio Frequency Identification «RFID») і бездротові сенсорні мережі (Wireless Sensor Networks «WSN»), мають значний вплив на роботу ланцюгів холодного постачання. Система RFID чи інші аналогічні програми дозволяє в режимі реального часу відслідкувати маршрут руху вантажу, а на основі отриманих даних зробити зміни для покращення логістичного процесу [93]. У свою чергу WSN система забезпечує ефективний

збір та обробку даних впродовж всього транспортних маршрутів, що забезпечує кількісну характеристику логістичного процесу та дозволяє оцінити ефективність впроваджених змін [161].

Поєднання цих двох систем («RFID-WSN») дозволяє ефективно контролювати і аналізувати холодний ланцюг транспортування продукції від виробника до дистриб'ютора. На сьогоднішній день проведено різнобічну оцінку ефективності цієї системи:

- К. Кім з колегами [96] запропонував інтелектуальну структуру управління ризиками для логістики холодного ланцюга, яка використовує RFID-мітки та різні типи датчиків для відстеження умов навколишнього середовища;

- у роботі [92] показано ефективність системи WSN для моніторингу коливань температури продукції в процесі її транспортування та визначення на основі отриманих даних критичних параметрів якості в логістиці холодного ланцюга свіжих продуктів;

- у роботі [50] показано розробку систему контролю холодного ланцюга продукції в рефрежераторі за допомогою декількох газових датчиків.

Окрім технологічних аспектів впровадження системи RFID-WSN ряд науковців зосередили свою увагу на розробці математичного апарату аналізу отриманих результатів та прийняття рішень щодо оптимізації транспортування в режимі реального часу. Такі зміни в логістичному ланцюзі дозволять забезпечити технологічні вимоги якості продукції з мінімізацією витрат, що дозволить транспортувати швидкопсувні продукти з меншими втратами. На основі цього підходу Y.-H. Hsiao, M.-C. Chen і C.-L. Chin [90] розробили математичний підхід налаштувань температури при перевезенні вантажів з різними умовами транспортування для отримання найнижчих витрат на цей процес. G. Behzadi з колегами [142] розробили двоетапну стохастичну модель програмування з для підвищення прибутку та зниження витрат на транспортування продукції. Запропонована модель включає експоненціальну функцію зміни якості продукції, що максимально наближено дозволяє оцінити втрати у разі збоїв логістичного процесу.

Загальну математичну модель моніторингу та контролю за виробничими і транспортними операціями на основі системи RFID-WSN було запропоновано S. Mejjaoui, R. F. Vabiceanu [119]. Основна мета цієї розробки полягала у забезпеченні гнучкості та адаптивності технологічних процесів до зміни параметрів вироб-

ництва. Наступні дослідження ці науковці [121] присвятили інтеграції RFID-WSN в логістичний процес, при цьому показали ефективність використання цієї системи для управління багаторівневого ланцюга поставок, що складається з одного виробника та кількох роздрібних торговців. Згідно результатів іншого дослідження [120], підхід RFID-WSN є ефективний при усуненні наслідків поломок обладнання або виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з відключенням електро- або водопостачання. Модель також враховує відкладенні замовлення та забезпечує економію за показником «lost sales cost».

У своєму дослідженні S. Mejjouli та R. F. Babiceanu [118] показали роботу системи RFID-WSN щодо моніторингу безпеки харчового продукту, а також аналізу даних для прийняття рішень в режимі реального часу при порушенні запланованого транспортного маршруту швидкопсувних продуктів. Для прийняття рішення враховуються показники попиту, рівень запасів кожного клієнта на маршруті, вартість транспортування, а також теоретичний час втрати показників якості і безпечності продукцією. Таким чином, система RFID-WSN включає такі компоненти:

- інтегровані датчики RFID-WSN, які знаходяться безпосередньо в транспортній тарі продукту та зчитують і передають дані для оцінки якості транспортування;
- контрольні точки впродовж всього транспортного маршруту на яких знаходяться зчитувачі, які здатні отримувати збережені дані з пристроїв RFID-WSN і обробити їх для повторної передачі;
- алгоритм аналізу даних, який знаходиться у хмарному сховищі та згідно отриманих даних формує висновок про відповідність процесу транспортування. У разі виявлення відхилень, програма здійснює розрахунок двох основних показників – «час виходу з ладу» (F_t) і «час втрати якості продукції» (P_t). Перший показник вказує на якому часовому проміжку транспортування необхідні умови перевезення перестануть відповідати нормативним значенням. Другий показник – значення часу транспортування на якому якість продукту вже не відповідатиме вимогам стандартів та, відповідно, не буде прийнятий клієнтом.

На основі отриманих результатів датчиків програма здійснює аналіз придатності продукції та формує в реальному часі рішення щодо наступних кроків, які має виконати постачальник послуг

логістики. Загалом, можна представити три основних напрямки прийняття рішення (рис. 4.10):



Рис. 4.10. Напрямки прийняття рішень на основі системи RFID-WSN

Джерело: розроблено автором

Застосування системи RFID-WSN системи теоретично можна розглянути для системи постачання до якої входить виробник і ряд дистриб'юторів. Загальні витрати на логістику можна представити таким переліком:

1. *Вартість поставленої продукції* – цей показник може бути розрахований виходячи з попиту (d_i) і ціни товару (c_i) – $c_i d_i$.

2. *Вартість транспортування продукції* розраховується на основі формули: $t d_i \cdot r$, де t – час транспортування товару, а r – вартість транспортування за одиницю часу та одиницю товару.

3. *Втрати компанії у разі не задоволення попиту клієнта*: якщо компанія не виконала замовлення клієнта A_i на продукцію d_i , то загальні втрати можуть становити $l \cdot d_i$, де l – втрачена вартість збуту на одиницю продукту. У разі наявності у контракті пункту щодо штрафних санкцій, то ця формула може змінитися – буде додано значення штрафних санкцій для однієї із сторін.

Для наближення моделі до реальних умов встановимо часові рамки на реалізацію замовлення згідно контракту, при цьому відправлення продукції повинно здійснюватися з відповідною періодичністю, а загальна кількість транспортних перевезень, відповідно, становитиме N . Таким чином, кожен період часу можна представити як інтервал $[(n-1)T_i, nT_i] = [0, T], [T, 2T], \dots, [(N-1)T, NT]$. Як зазначалося вище час транспортування становить t , відповідно, загальний маршрут можна розділити на ряд контрольних точок (m), відповідно до цього, значення t можна представити як адитивний результат руху вантажу через усі контрольні точки: $t = t_1 + t_2 + \dots + t_m$. Щодо ймовірності псування продукції під-час її транспортування її можна представити як сумарне значення

ймовірностей зміни якості продукції на кожному етапі транспортування, відповідно до кількості контрольних точок: для інтервалу $[0, \tau_1]$ це значення становитиме p_1^{nTi} , для інтервалу $[\tau_1, \tau_2]$ – p_2^{nTi} .

На основі наявного математичного апарату можна розрахувати загальні затрати компанії з використанням системи RFID-WSN (відповідно до рис. 4.10) та без неї. Розглянемо перший варіант транспортування продукції як із системою RFID-WSN, так і без неї – продукція доставлена без змін якості. При цьому, припустимо, що на маршруті знаходиться одна контрольна точка:

$$\text{Ймовірність цього варіанту: } P_{\text{загальне}} = (1 - p_1^{nTi}) \cdot (1 - p_2^{nTi}) \quad (4.49)$$

$$\text{Витрати: } C_{\text{загальні}} = d_i \cdot c_i + d_i \cdot r \cdot (\tau_1 + \tau_2) \quad (4.50)$$

Іншим спільним варіантом логістичного процесу є повернення продукції для утилізації через втрату показників якості, відповідно до цього:

$$\text{Ймовірність цього варіанту: } P_{\text{загальне}} = (1 - p_1^{nTi}) \cdot (p_1^{nTi} + p_2^{nTi}) \quad (4.51)$$

$$\text{Витрати: } C_{\text{загальні}} = d_i \cdot c_i + d_i \cdot r \cdot (\tau_1 + \tau_2) + d_i \cdot l_i \quad (4.52)$$

У разі використання системи RFID-WSN можливі інші варіанти логістичного процесу:

– утилізація продукції на етапі контрольної точки:

$$\text{Ймовірність цього варіанту: } P_{\text{загальне}} = p_1^{nTi} \quad (4.53)$$

$$\text{Витрати: } C_{\text{загальні}} = d_i \cdot c_i + d_i \cdot r \cdot \tau_1 + d_i \cdot l_i \quad (4.54)$$

– зміна маршруту транспортування через виявлення не відповідних умов транспортування на етапі контрольної точки:

$$\text{Ймовірність цього варіанту: } P_{\text{загальне}} = (1 - p_1^{nTi}) \cdot p_2^{nTi} \quad (4.55)$$

$$\text{Витрати: } C_{\text{загальні}} = d_i \cdot c_i + d_i \cdot r \cdot (\tau_1 + \tau_2) \quad (4.56)$$

Виробники найбільш зацікавлені у мінімізації витрат на транспортування продукції, а особливо, за необхідністю її утилізації через не відповідність якості. Саме тому, використання системи RFID-WSN дозволяє встановити контрольні точки, які створюють можливість зупинити транспортування та заощадити фінансові витрати на логистиці. Ґрунтуючись на рівнянні (4.49) – (4.56) можна вивести цільову функцію, яка мінімізує середні витрати виробника:

$$\min \sum P_i \cdot C_i \quad (4.57)$$

Оцінки фінансових витрат реалізації кожного з варіантів транспортування продукції для певного інтервалу k здійснюється за допомогою показника «успіх події» («success even»):

$$z_{k,nTi}^n = \begin{cases} 0 & \text{— продукт втратив свою якість} \\ 1 & \text{— продукт не втратив свою якість} \end{cases} \quad (4.58)$$

Для прийняття необхідного рішення щодо подальшого транспортування продукції для системи RFID-WSN введено бінарну змінну Y , яку можна виразити аналогічно до рівняння (4.58):

$$Y_{g,nTi}^n = \begin{cases} 0 & \text{— транспорт не продовжить маршрут} \\ 1 & \text{— транспорт продовжить маршрут} \end{cases} \quad (4.59)$$

Виходячи з цього, можна виразити загальну формулу для оптимізації транспортних витрат для всіх сценаріїв RFID-WSN $l = \{1, 2, 3\}$:

$$\min C = \sum_{l=1}^3 \sum_{n=1}^N P_1 \cdot d_i [c + r \cdot \tau_1 + Y_{1,nTi}^1 \cdot r \cdot \tau_2 + (1 - z_{1,nTi}^1 \cdot z_{2,nTi}^1) \cdot l] \quad (4.60)$$

Ефективність такого підходу до моніторингу якості продукції гарантує зупинку транспортування на контрольному пункті лише якщо умови перевезення могли вплинути на продукт і слугувати небезпекою для споживача [147]. Тим не менш, необхідно розуміти, що не правильно обрані контрольні точки або їх не достатня кількість може нівелювати переваги системи RFID-WSN, адже у своїй роботі S. Mejjaoui та R. F. Babiceanu [120] вказували на неупереджене обмеження системи: «якщо два можливих розвитку системи не відрізняються один від одного до певного періоду, то з наявної інформації не можливо стверджувати що вони відрізняються до цього періоду». Таким чином, всі рішення, які приймаються до цього періоду повинні бути однакові для обох сценаріїв, що гарантує відсутність додаткового впливу на кінцеве рішення.

Таким чином, можна стверджувати, що основним завданням компанії виробника при організації транспортування продукції всім дистриб'юторам і безпосереднім покупцям (N_C) є мінімізація витрат на кожне окреме перевезення з врахуванням вказаних вище ймовірностей (N_S), що забезпечить зменшення загальних витрат за відповідний період часу:

$$\min C = \sum_{i=1}^{N_C} \sum_{n=1}^N C(A_i) = \sum_{i=1}^{N_C} \sum_{l=1}^{N_S} [P(S_i) \cdot C(S_l)] \quad (4.61)$$

Оскільки кількість ймовірностей транспортування продукції дорівнює кількості контрольних точок (N_{CP}) на маршруті плюс два, цільову функцію моделі для мінімізації загальної середньої вартості для всіх сценаріїв RFID-WSN при $l = \{1, 2, 3\}$ можна представити формулою (4.62):

$$\min C = \sum_{i=1}^{NC} \sum_{l=1}^{NCP+2} \sum_{n=1}^N P(S) \cdot d_i [c + \sum(r \cdot \tau_n + Y_{n,nTi}^S) + (1 - z_{1,nTi}^S \dots z_{n,nTi}^S) \cdot l] \quad (4.62)$$

Відповідно до цього, економічний ефект впровадження системи моніторингу RFID-WSN полягає у зменшенні витрат на повернення продукції з кінцевої точки маршрути, а лише з контрольної точки моніторингу. Для розгляду економічного ефекту за певний період часу $n\tau_i$, де $n = \{1 \dots N\}$ та наявності на маршруті однієї контрольної точки можна скористатися формулою:

$$C_{\text{загальні}} = p_1^{n\tau_i} \cdot d_i \cdot \tau_{i2} \cdot r \quad (4.63)$$

Іншим напрямком використання системи моніторингу за окремими показниками харчової продукції з малим терміном придатності під час її транспортування чи зберігання (період часу як контрольна точка) є можливість прогнозування мікробіологічних та фізико-хімічних показників на кінцевий термін придатності та можливості надходження рекламацій щодо невідповідності органолептичних показників. Окрім цього, такий підхід дозволить прорахувати можливі ризики та у разі надходження скарг мати доказову базу дотримання відповідних режимів зберігання, а, отже, і належної якості продукції загалом.

Для забезпечення первинних даних прогнозування якості продукції проведено дослідження зміни окремих хімічних та мікробіологічних показників продукції за різної температури зберігання та часу експозиції. Об'єктом дослідження був сир кисломолочний з масовою часткою жиру 9%, розфасований у пакування еколін з PE плівкою масою 200 г та поліетиленову плівку 400 г. Температура експерименту становила 20°C, 12°C і 5°C, допустиме відхилення становило $\pm 1^\circ\text{C}$. Експеримент було розділено на ряд досліджень:

1. одну добу при температурі 20°C, решту часу терміну придатності (10 діб) за температури 5°C;
2. одну добу при температурі 12°C, решту часу терміну придатності (10 діб) за температури 5°C;

3. витримка продукції 5 годин при температурі 20°C, тоді 2 доби при 12°C, решту часу терміну придатності (10 діб) за температури 5°C;

4. витримка 5 годин при температурі 20°C, тоді 2 доби при 12°C, далі знову 5 годин при 20°C, 1 добу 12°C, і добу при 20°C, решту часу терміну придатності (10 діб) за температури 5°C;

5. зберігання продукції весь час терміну зберігання за температури 5°C – контрольні взірці.

Результати досліджень представлені у зведеній таблиці 4.12. Окрім дослідження хімічних та мікробіологічних показників продукції для встановлення її відповідності нормативним значенням ДСТУ 4554:2006 проведено також органолептичний аналіз сиру на кінцевий термін придатності. Отримані дані можна екстраполювати на покупців та, відповідно, на їхню оцінку продукту після придбання та фідбек про нього. Згідно отриманих даних, взірці продукт з дослідження № 4 отримав найнижчий бал, вищі бали (у порядку зростання) отримала продукція з досліджень № 3, № 1 і № 2, також необхідно зазначити, що взірець продукту № 2 за кількістю балів практично не поступався контрольному взірцю. Таким чином, будь які відхилення температурного режиму зберігання продукції зумовляють зміни у її смакових властивостях, у порівнянні з контрольним взірцем, який зберігався за 4±2°C.

Таблиця 4.12

Зведена таблиця хімічних та мікробіологічних показників сиру кисломолочного після проведених досліджень

№ дослідження	Пакування	Титрована кислотність, °Т	Наявність бактерії групи кишкових паличок в 0,01 г, КУО	Кількість молочнокислих мікроорганізмів в 1,0 г, КУО	Кількість дріжджів в 1,0 г, КУО	Кількість цвілевих грибів в 1,0 г, КУО
Нормативне значення згідно ДСТУ 4554:2006		170–250	Відсутні	≥ 1·10⁶	≤100	≤50
1	200 г	196	Відсутні	1,5·10 ⁷	18	14
	400 г	194	Відсутні	1,4·10 ⁷	22	18
2	200 г	190	Відсутні	1,2·10 ⁷	8	8
	400 г	188	Відсутні	1,0·10 ⁷	10	6
3	200 г	208	Відсутні	1,5·10 ⁷	26	20
	400 г	210	Відсутні	1,8·10 ⁷	28	24
4	200 г	216	Відсутні	1,9·10 ⁷	49	37
	400 г	220	Відсутні	2,1·10 ⁷	52	38
5	200 г	186	Відсутні	6,0·10 ⁶	2	3
	400 г	184	Відсутні	5,8·10 ⁶	3	3

Джерело: розроблено автором

Іншим продуктом, для якого проведено схожі дослідження була сметана зі «стандартним» вмістом жиру, а саме – 15%, 20% і 30%. В цьому експерименті окрім контролю зміни мікробіологічних показників проводився аналіз органолептики, в тому числі в'язкості за допомогою ротаційного віскозиметра. Цей показник важливий з точки зору маркетингу для позитивної оцінки сметани покупцями, особливо це стосується продукції яка не містить згущувачів. Першим етапом аналізу впливу факторів транспортування на якість продукти стало дослідження зміни температури зберігання впродовж визначеного часу – 6 годин. Для цього одиниці товару у спожитковій тарі зберігали впродовж визначеного часу за температури від 6⁰С до 12⁰С з кроком в 1⁰С. Достовірні зміни в показниках продукції при її подальшому зберіганні за умов 4±2⁰С спостерігалися для сметани, яка нагрівалася до значення 12⁰С.

Наступним кроком в прогнозуванні зміни якості продукції стало дослідження впливу часу експозиції. Для цього одиниці товару зберігалися при температурі 12⁰С від 1 до 5 годин за температури, далі сметану охолоджували до температури 4±2⁰С і зберігали впродовж всього терміну придатності. Отримані дані показали, що 5 годинна витримка продукту зумовлює втрату якості продукції, а саме в органолептичній складовій – дегустатори відмітили кислуватий смак і рідкувату консистенцію сметани, при мікробіологічні показники відповідали вимогам нормативних документів на продукт. Таким чином, було встановлено «критичну точку» зміни якості продукції яку необхідно контролювати при транспортуванні чи зберіганні на складі.

Отримані дані можна внести у систему RFID-WSN, як точку біфуркації, на якій програма повинна прийняти рішення про невідповідність якості продукту і його повернення для утилізації. Окрім цього, виробник може прогнозувати показники продукту на кінець терміну придатності знаючи зміни температурних режимів зберігання та час дії цього фактора. Цей етап є важливим для розуміння причин можливих рекламацій чи негативних відгуків споживачів та, відповідно, вживання необхідних заходів не лише для їх усунення, а й попередження.

Висновки до розділу 4

1. Загалом можна стверджувати, що для планування перевезень логістичний центр повинен бути забезпечений передовими технологіями трекінгу за перевізником, а також кваліфікованими кадрами для забезпечення ефективного планування транспортного ланцюга. Особливо це необхідно при щоденному плануванні нерегулярних перевезень товарів і молочної сировини. При цьому, ефективність побудованого логістичного маршруту визначатиметься як прямими витратами, закладеними у паливно-мастильних матеріалах та оплаті роботи водія-експедитора, так і прихованих – необхідність незапланованого ремонту автомобіля чи затримки на маршруті через не якісно вибраний маршрут перевезення.

2. Ґрунтуючись на загальному огляді системи ощадливого виробництва, можна стверджувати, що найефективнішим інструментом для організації щоденного транспортування молочної сировини є канбан. Це закрита децентралізована система з можливістю до саморегуляції, саме остання особливість забезпечує її ефективність, але потребує найбільших зусиль для реалізації. З огляду на це, загальна кількість канбанів для системи є вирішальною, бо саме цей показник визначає ефективність їхньої адаптації до зміни виробничих умов.

3. Важливою причиною впровадження системи мінімізації втрат на основі циклічної моделі при транспортуванні молочної сировини є мінімізація часу її зберігання, що негативно впливає на якість молока, а саме на зміну мікробіологічних показників.

4. Вибір «3PL» є складним питанням, бо вимагає врахування багатьох критеріїв різних векторів – від технологічного з врахуванням економічної сторони виробництва до соціальних наслідків для компанії, що, власне, підтверджується великим різноманіттям напрямків досліджень. Окрім критеріїв оцінки вибору «3PL», не вирішеним залишається питання оптимального методу реалізації цього процесу.

5. Оцінка еко-ефективності транспорту підприємства є кроком до сталого розвитку, адже використання великогабаритних і сучасних автомобілів має економічні та екологічні переваги у порівнянні з малотоннажним транспортом. Незважаючи на те, що багато зацікавлених сторін відіграють важливу роль у забезпеченні

сталості транспортування, включаючи фермерів, виробників продуктів харчування та роздрібних торговців, вони не об'єднані єдиною візією щодо ролі «продовольчих миль» і транспортування продуктів харчування в цілому. Окрім цього, отримані результати підтверджують ідею про необхідність використання індивідуальних критеріїв в LCA для об'єктивної оцінки сталості логістичного транспортування та його впливу на навколишнє середовище.

6. Представлені у роботі дані можна внести у систему RFID-WSN, як точку біфуркації, на якій програма повинна прийняти рішення про не відповідність якості продукту і його повернення для утилізації. Окрім цього, виробник може прогнозувати показники продукту на кінець терміну придатності, знаючи зміни температурних режимів зберігання та час дії цього фактора. Цей етап є важливим для розуміння причин можливих рекламацій чи негативних відгуків споживачів та, відповідно, вживання необхідних заходів не лише для їх усунення, а й попередження.

Λιμενισμός

1. Aczel J., Saaty T. L. Procedures for synthesizing ratio judgements. *J. Math. Psychol.* 1983. Vol. 27. P. 93–102.
2. Adams D. C., Salois M. J. Local versus organic: a turn in consumer preferences and willingness-to-pay. *Renew. Agric. Food Syst.* 2010. Vol. 25, P. 331–341.
3. Agarski B., Budak I., Vukelic D., Hodolic J. Fuzzy multi-criteria-based impact category weighting in life cycle assessment. *J. Clean. Prod.* 2016. Vol. 112. P. 3256–3266.
4. Aghazadeh S. M. How to choose an effective third party logistics provider?. *Management Research News.* 2003. Vol. 26(7). P. 50–58.
5. Aquezzoul A. Third-Party Logistics Selection Problem: A Literature Review on Criteria and Methods. *Omega.* 2014. Vol. 49. P. 69–78.
6. Aquezzoul A., Ladet P. Selection et evaluation des fournisseurs: Criteres et methodes. *Revue Francaise de Gestion Industrielle.* 2006. Vol. 25(2). P. 5–27.
7. Akturk M. S., Erhun, F. An overview of design and operational issues of kanban systems. *International Journal of Production Research.* 1999. Vol. 37. P. 3859–3881.
8. Analysis of Influencing Factors of Cold Chain Logistics Cost of Dairy Products / Xiawei Zhong et al. *Industrial Engineering and Innovation Management.* 2022. Vol. 5(2). P. 1–8.
9. Andersson D., Norman A. Procurement of logistics services - a minutes work or a multi-year project?. *European Journal of Purchasing and Supply Management.* 2002. Vol. 8(1). P. 3–14.
10. Awasthi A., Chauhan S. S., Omrani H. Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems. *Expert Syst. Appl.* 2011. Vol. 38. P. 12270–12280.
11. Bahinipati B. K., Kanda A., Deshmukh S. G. Coordinated supply management: review, insights, and limitations. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management.* 2009. Vol. 12:6. P. 407–422.
12. Bartholdi J. J., Hackman S. T. Allocating space in a forward pick area of a distribution center for small parts. *IIE Transactions.* 2008. Vol. 40. P. 1046–1053.
13. Battini D., Boysen N., Emde S. Just-in-time supermarkets for part supply in the automobile industry. *Journal of Management Control.* 2013. Vol. 24. P. 209–217.
14. Battini D., Faccio M., Persona A., Sgarbossa F. Design of the optimal feeding policy in an assembly system. *International Journal of Production Economics.* 2009. Vol. 121. P. 233–254.
15. Baudin M. *Lean Logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods.* NY: Productivity Press. 2004. 400 p.
16. Beltrami E. J., Bodin L. D. Networks and vehicle routing for municipal waste collection. *Networks.* 1974. Vol. 4(1). P. 65–94.
17. Bertodo R. Some developing trends in manufacturer-supplier relationships. *International Journal of Manufacturing Technology and Management.* 2002. Vol. 4 (1–2). P. 21–35.
18. Bicheno J., Holweg M. *The lean toolbox: The essential guide to lean transformation.* Production and Inventory Control, Systems and Industrial Engineering (PICSIE). 2008. 308 p.

19. Blumenfeld D. E., Burns L. D., Daganzo C. F., Frick M. C. Reducing logistics costs at general motors. *Interfaces* 1987. Vol. 17(1). P. 26–47.
20. Blumenfeld D. E., Burns L. D., Diltz J. D., Daganzo C.F. Analyzing trade-offs between transportation, inventory and production costs on freight networks. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1985. Vol. 19(5). P. 361–380.
21. Boysen F. An overview and evaluation of composite indices of development. *Soc. Indicat. Res.* 2002. Vol. 59. P. 115–151.
22. Bottani E., Rizzi A. A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2006. Vol. 11(4). P. 294–308.
23. Boysen N., Briskorn D., Tschuke M. Truck scheduling in cross-docking terminals with fixed outbound departures. *OR Spectrum*. 2013. Vol. 35, P. 479–504.
24. Boysen N., Emde S., Hoeck M., Kauderer M. Part logistics in the automotive industry: Decision problems, literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 242(1). P. 107–120.
25. Boysen N., Flidner M., Scholl A. Production planning of mixed-model assembly lines: Overview and extensions. *Production Planning & Control*. 2009. Vol. 20. P. 455–471.
26. Boysen N., Golle U., Rothlauf F. The car resequencing problem with pull-off tables. *BuR Business Research Journal*. 2011. Vol. 4. P. 276–292.
27. Bozer Y. A., McGinnis L. F. Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics*. 1992. Vol. 28. P. 1–19.
28. Brandolese A., Cartegni E., Cigolini R. Improving productivity by using strategic inventories: theoretical issues and field results. *International Journal of Production Research*. 2001. Vol. 39 (18). P. 4179–4196.
29. Buzby J. C., Wells H. F., Axtman B., Mickey J. Supermarket Loss Estimates for Fresh Fruit Vegetables, Meat, Poultry, and Seafood and Their Use in the ERS Loss-Adjusted Food Availability Data. Technical Report, United States Department of Agriculture, Economic Information Bulletin. 2009. Vol. 44. 2009. Accessed August 7, 2017. URL: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44306/10894_eib44_reportssummary.pdf?v=41055.
30. Cachon G. P. Managing supply chain demand variability with scheduled ordering policies. *Management Science*. 1999. Vol. 45 (6). P. 843–856.
31. Calculating food miles for a multiple ingredient food product. In: *Agriculture, L.C.f.S. Iowa State University, Ames, Iowa, USA*. 2005. 14 p. URL: <https://www.leopold.iastate.edu/files/pubs-and-papers/2005-03-calculating-food-miles-multiple-ingredient-food-product.pdf>.
32. Chai J., Liu J.N.K., Ngai E.W.T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications: An International Journal*. 2013. Vol. 40(10). P. 3872–3885.
33. Chen J., Xu L. Coordinated ordering decisions for short life cycle products with uncertainty in delivery time and demand. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 2001. Vol. 31 (6). P. 524–532.
34. Chopra S., Meindl P. *Supply chain management*. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 2012. P. 409–439.
35. Chuah K., Yingling J. Routing for a just-in-time supply pickup and delivery system. *Transportation Science*. 2005. Vol. 39(3). P. 328–339.
36. Coley D., Howard M., Winter M. Local food, food miles and carbon emissions: a comparison of farm shop and mass distribution approaches. *Food Pol.* 2009. Vol. 34. P. 150–155.

37. Colson G., Dorigo F. A public warehouses selection support system. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 153(2). P. 332–349.
38. Comparing the sustainability of local and global food product in Europe / Schmitt E. et al. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 165. P. 346–359.
39. Cooper J. S., Woods L., Lee S. J. Distance and backhaul in commodity transport modeling. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2008. Vol. 13. P. 389–400.
40. Corbett C. J., DeCroix G. A. Shared-savings contracts for indirect materials in supply chains: channel profits and environmental impacts. *Management Science*. 2001. Vol. 47 (7). P. 881–893.
41. Das T. K., Teng B. S. A resource based theory of strategic alliance. *Journal of Management*. 2000. Vol. 26 (1). P. 31–61.
42. Daud A. R., Putro U. S., Basri M. H. Risks in milk supply chain; a preliminary analysis on smallholder dairy production. *Livestock Research for Rural Development*, Vol. 27(7). Accessed: 20 April 2021. URL: <http://www.lrrd.org/lrrd27/7/daud27137.htm>.
43. Daugherty P. J., Stank T. P., Rogers D. S. Third-party logistics service providers: Purchasers' perceptions. *International Journal of Purchasing and Materials Management*. 1996. Vol. 32(1). P. 23–29.
44. Davis S. J., Caldeira K. Consumption-based accounting of CO₂ emissions. *Proc. National Acad. Sci.* 2010. Vol. 107. P. 5687–5692.
45. de Almeida Guimaraes V., Leal Junior I. C. Performance assessment and evaluation method for passenger transportation: a step toward sustainability. 2017. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 142 (Part 1). P. 297–307.
46. de Koster R., Le-Duc T., Roodbergen K. J. Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*. 2007. Vol. 182. P. 481–501.
47. de Souza M. C., de Carvalho C.R.V., Brizon W.B. Packing items to feed assembly lines. *European Journal of Operational Research*. 2008. Vol. 184. P. 480–489.
48. Depping V., Grunow M., van Middelaar C., Dimpler J. Integrating environmental impact assessment into new product development and processing-technology selection: milk concentrates as substitutes for milk powders. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 149. P. 1–10.
49. Design of Temperature Monitoring System for Raw Milk Transportation Based on TRIZ Theory / Zhang W. et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 439. 6 p. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/439/3/032098/pdf>.
50. Development and evaluation on a wireless-multi-gas sensors system for improving traceability and transparency of a table grape cold chain / Xiang W. et al. *Comput. Electron. Agric.* 2017. Vol. 135. P. 195–207.
51. Djekic I., Smigic N., Glavan R., Miocinovic J. Transportation sustainability index in dairy industry – Fuzzy logic approach. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 180. P. 107–115.
52. Domingo R., Alvarez R., Peca M. M., Calvo R. Materials flow improvement in a lean assembly line: A case study. *Assembly Automation*. 2007. Vol. 27. P. 141–147.
53. Drytos M., Kis T. Scheduling of inventory releasing jobs to minimize a regular objective function of delivery times. *Journal of Scheduling*. 2013. Vol. 16. P. 337–346.
54. Dudenhofer F. Wie man Autos mit Gewinn baut. *Euro am Sonntag*. 2006. Heft 34. P. 66–67.

55. Dyer R. F., Forman E. H. Group decision support with the analytic hierarchy process. *Dec. Support Systems*. 1992. Vol. 8(2). P. 99–124.
56. *Eco Efficiency for the Dairy Production*. The UNEP Working Group for Cleaner Production in the Food Industry, Southbank Victoria, Australia. 2004. 153 p. URL: https://espace.library.uq.edu.au/data/UQ_40900/Eco-efficiency_manual_201_Pagan.pdf?Expires=1662664204&Key-Pair-Id=APKAJKNB4MJBJNC6NLQ&Signature=TgxHftiydOnZ90m6jODX5qpohWF2AY-ubbBast8hOUWBZ0uEdqjCdr-1-ltJdcc~Qz3z9SVKdHycKnfMhOHhFoCL8tJK7bF9TL-HBoK2PM6BsenRVfn9Z2NaCby2rhWKogo2RIYygcGoHEFC~9RvVJo~fptjfBql-aP2Y1xzr1r6sba6lSINzvqaRnc4naZ2JBxqi74Y5p1zLbKyCOXIm7a95S3PcTDv9xHxOmaPbr2OD7HTzAHzxW9X0Te-sMBpneQPBT9TduU87Kh~O7K4sRNURqThvmptOjBpEPE5hzXEVXTCKIwqCSyBL9Mv19PIGvBdcx92dV5IqxNXRPX0Pw.
57. Emde S., Boysen N. Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Economics*. 2012. Vol. 135. P. 393–402.
58. Environmental life-cycle assessment of various dairy products / Djekic I. et al. *J. Clean. Prod.* 2014. Vol. 68. P. 64–72.
59. *Facilities planning (4th Edition)* / Tompkins J. A. et al. New York: John Wiley & Sons. 2010. 864 p.
60. Falck A. C., Srtengren R., Hugberg D. The impact of poor assembly ergonomics on product quality: A cost-benefit analysis in car manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 2010. Vol. 20. P. 24–41.
61. Finnsgerd C., Wanstrum C., Medbo L., Neumann W. P. Impact of materials exposure on assembly workstation performance. *International Journal of Production Research*. 2011. Vol. 49. P. 7253–7274.
62. Finotti E., Bersani A. M., Bersani E. Total quality indexes for extra-virgin olive oils. *J. Food Qual.* 2007. Vol. 30. P. 911–931.
63. Fleischmann B. Transport and inventory planning with discrete shipment times. In *New Trends in Distribution Logistics*. 1999. Vol. 480. P. 159–178.
64. Forman E. H. Decision support for executive decision makers. *Informn. Strategy. Executive's J.* 1985. Vol. 1 (4). P. 4–13.
65. Francis P., Smilowitz K., Tzur M. The period vehicle routing problem and its extensions / Eds. Golden B., Raghavan S., Wasil E. *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. 2008. Vol. 43 of *Operations Research/Computer Science Interfaces*, P. 73–102.
66. Furmans K., Veit M. Models of leveling for lean manufacturing systems. In *Handbook of Stochastic Models and Analysis of Manufacturing System Operations*. ISOR. 2013. Vol. 192. P. 115–138.
67. Gast J., Gundolf K., Cesinger B. Doing business in a green way: a systematic review of the ecological sustainability entrepreneurship literature and future research directions. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 147. P. 44–56.
68. Giannoccaro I., Pontrandolfo P. Supply chain coordination by revenue sharing contracts. *International Journal of Production Economics*. 2004. Vol. 89(2). P. 131–139.
69. Gjerdrum J., Shah N., Papageorgiou L. G. A combined optimization and agent-based approach to supply chain modelling and performance assessment. *Production Planning & Control*. 2001. Vol. 12(1). P. 81–88.
70. Glock C. H., Grosse E. H. Storage policies and order picking strategies in U-shaped order-picking systems with a movable base. *International Journal of Production Research*. 2012. Vol. 50. P. 4344–4357.

71. Govindan K. Sustainable consumption and production in the food supply chain: a conceptual framework. *Int. J. Prod. Econ.* 2018. Vol. 195. P. 419–431.
72. Govindan K., Chaudhuri A. Interrelationships of risks faced by third party logistics service providers: a DEMATEL based approach. *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* 2016. Vol. 90. P. 177–195.
73. Govindan K., Darbari J. D., Agarwal V., Jha P. C. Fuzzy multi-objective approach for optimal selection of suppliers and transportation decisions in an eco-efficient closed loop supply chain network. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 165. P. 1598–1619.
74. Gu J., Goetschalckx M., McGinnis L. F. Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research.* 2010. Vol. 203. P. 539–549.
75. Gu J., Goetschalckx M., McGinnis M. F. Solving the forward reserve allocation problem in warehouse order picking systems. *Journal of the Operational Research Society.* 2010. Vol. 61. P. 1013–1021.
76. Guidelines on developing performance metrics for evaluating transportation sustainability / Zheng J. et al. *Res. Transport. Bus. Manag.* 2013. Vol. 7. P. 4–13.
77. Gul H, Satay B. Third-party logistics provider selection: insights from a Turkish automotive company. *Supply Chain Management: An International Journal.* 2007. Vol. 12(6). P. 379–384.
78. Gunders D. Wasted: How America Is Losing Up to 40 Percent of Its Food from Farm to Fork to Landfill. Technical Report. Natural Resources Defense Council, 2012. (Accessed August 7, 2017). URL: <https://www.nrdc.org/resources/wasted-how-america-losing-40-percent-its-food-farm-fork-landfill#:~:text=Reduce%20Food%20Waste-,Wasted%3A%20How%20America%20Is%20Losing%20Up%20to%2040%20Percent%20of,Farm%20to%20Fork%20to%20Landfill&text=In%202012%2C%20NRDC%20published%20a,food%20per%20person%20every%20year.>
79. Gupta D., Denton B. Appointment scheduling in health care: Challenges and opportunities. *IIE Transactions.* 2008. Vol 40. P. 800–819.
80. Hao Tong. Analysis on the logistics and distribution mode of dairy products in Bengbu City. *Brand.* 2015. Vol. 10. P. 86–87.
81. Harris F. W. How many parts to make at once. *Operations Research.* 1990. Vol. 38(6). P. 947–950.
82. Heard B. R., Taiebat M., Xu M., Miller S.A. Sustainability implications of connected and autonomous vehicles for the food supply chain. *Resour. Conserv. Recycl.* 2018. Vol. 128. P. 22–24.
83. Heckmann I. *Towards Supply Chain Risk Analytics – Fundamentals, Simulation, Optimization.* Karlsruhe Institut fur Technologie: Springer Gabler. 436 p.
84. Heiko A. Consensus measurement in Delphi studies: review and implications for future quality assurance. *Technol. Forecast. Soc. Change.* 2012. Vol. 79. P. 1525–1536.
85. Hieber R., Hartel I. Impacts of SCM order strategies evaluated by simulation-based ‘beer game’ approach: the model, concept, and initial experiences. *Production Planning & Control.* 2003. Vol. 14 (2). P. 122–134.
86. Ho W., Xu X., Dey P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research.* 2010. Vol. 202(1). P. 16–24.

87. Hopp W., Spearman M. *Factory Physics. Foundations of Manufacturing Management, Volume Second Edition, Chapter Inventory Control. From EOQ to ROP.* 2001. P. 48–108.
88. Horn R. A., Johnson C. R. *Matrix Analysis. Second edition.* New York: Cambridge University Press. 2013. 662 p. URL: <http://www.cse.zju.edu.cn/eclass/attachments/2015-10/01-1446086008-145421.pdf>.
89. Hsiao H., Kemp R. G., Van der Vorst J., Omta S. A classification of logistic outsourcing levels and their impact on service performance: Evidence from the food processing industry. *International Journal of Production Economics.* 2010. Vol. 124(1). P. 75–86.
90. Hsiao Y.-H., Chen M.-C., Chin C.-L. Distribution planning for perishable foods in cold chains with quality concerns: formulation and solution procedure. *Trends Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 61. P. 80–93.
91. Hua S. Y., Johnson D. J. Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking. *International Journal of Production Research.* 2010. Vol. 48. P. 779–800.
92. Improving traceability and transparency of table grapes cold chain logistics by integrating WSN and correlation analysis / Xiao X. et al. *Food Control.* 2017. Vol. 73. P. 1556–1563.
93. Kelley E. P., Erickson G. S. RFID tags: commercial applications v: privacy rights. *Ind. Manage. Data Syst.* 2005. Vol. 105(6). P. 703–713.
94. Kemp K., Insch A., Holdsworth D. K., Knight J. G. Food miles: do UK consumers actually care?. *Food Pol.* 2010. Vol. 35. P. 504–513.
95. Kempkes J. P., Koberstein A., Suhl L. A resource based mixed integer modelling approach for integrated operational logistics planning. *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics.* 2010. P. 281–294.
96. Kim K., Kim H., Kim S.-K., Jung J.-Y. i-RM: an intelligent risk management framework for context-aware ubiquitous cold chain logistics. *Expert Syst. Appl.* 2016. Vol. 46. P. 463–473.
97. Kissinger M. International trade related food miles e the case of Canada. *Food Pol.* 2012. Vol. 37. P. 171–178.
98. Klasterin T. D., Moinsadeh K., Son J. Coordinating orders in supply chains through price discounts. *IIE Transactions.* 2002. Vol. 34(8). P. 679–689.
99. Klug F. *Logistikmanagement in der automobilindustrie.* Berlin: Springer. 2010. 338 p.
100. Knemeyer A. M., Murphy P. R. Evaluating the performance of third-party logistics arrangements: A relationship marketing perspective. *Journal of Supply Chain Management.* 2004. Vol. 40(4). P. 35–51.
101. Korpela J., Tuominenllnt M. A decision aid in warehouse site selection. *J. Production Economics.* 1996. Vol. 45. P. 169–180.
102. Kotani S. Optimal method for changing the number of kanbans in the e-kanban system and its applications. *International Journal of Production Research.* 2007. Vol. 45(24). P. 5789–5809.
103. Kovalev A., Ng C. A discrete eoq problem is solvable in o (logn) time. *European Journal of Operational Research.* 2008. Vol. 189(3). P. 914–919.
104. Kozan E. An integrated material handling system for a truck assembly plant. *Journal of the Operational Research Society.* 2000. Vol. 51. P. 263–271.
105. Krajewska M. A. Potentials for e-ciency increase in modern freight forwarding. *Dissertation Universität Bremen: Gabler-Verlag.* 2008. 139 p.

106. Krcal H.-C. *Strategische Implikationen einer geringen Fertigungstiefe für die Automobilindustrie*. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 2008. Vol. 60. P. 778–808.
107. Lee H. F., Schaefer S. K. *Retrieval sequencing for unit-load automated storage and retrieval systems with multiple openings*. International Journal of Production Research. 1996. Vol. 34. P. 2943–2962.
108. Lee H. L., Padmanahan V., Whang S. *Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect*. Management Science. 1997. Vol. 43(4). P. 546–559.
109. Lieb R., Bentz B. A. *The use of third-party logistics services by large American manufacturers: The 2004 survey*. Transportation Journal. 2005. Vol. 44(2). P. 5–15.
110. Limere V. *To kit or not to kit: Optimizing part feeding in the automotive assembly industry*. 4OR-Q J Oper Res. 2013. Vol. 11. P. 97–98.
111. Lin F.-R., Huang S.-H., Lin S.-C. *Effects of information sharing on supply chain performance in electronic commerce*. IEEE Transactions on Engineering Management. 2002. Vol. 49(3). P. 258–268.
112. Lippolt C. R., Furmans K. *Sizing of Heijunka-controlled production systems with unreliable production processes*. IFIP International Federation for Information Processing. 2008. Vol. 257. P. 11–19. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-77249-3_2.pdf.
113. Liu K.F.R., Lai J.-H. *Decision-support for environmental impact assessment: a hybrid approach using fuzzy logic and fuzzy analytic network process*. Expert Syst. Appl. 2009. Vol. 36. P. 5119–5136.
114. Lopez L.-A., Cadarso M.-A., Gomez N., Tobarra M.-A. *Food miles, carbon footprint and global value chains for Spanish agriculture: assessing the impact of a carbon border tax*. J. Clean. Prod. 2015. Vol. 103. P. 423–436.
115. Maltz A. B. *The relative importance of cost and quality in the outsourcing of warehousing*. Journal of Business Logistics. 1994. Vol. 15(2). P. 45–62.
116. Matzka J., Di Mascolo M., Furmans K. *Buffer sizing of a heijunka kanban system*. Journal of Intelligent Manufacturing. 2012. Vol. 23(1). P. 49–60.
117. McGinnis M. A., Kochunny C. M., Ackerman K. B. *Third party logistics choice*. The International Journal of Logistics Management. 1995. Vol. 6(2). P. 93–102.
118. Mejjaouli S., Babiceanu R. F. *Cold supply chain logistics: System optimization for real-time rerouting transportation solutions*. Computers in Industry. 2018. Vol. 95. P. 68–80.
119. Mejjaouli S., Babiceanu R. F. *Holonic condition monitoring and fault-recovery system for sustainable manufacturing enterprises* / Eds. Borangiu T., Trentesaux D., Thomas. Service Orientation in Holonic and Multi-agent Manufacturing and Robotics. 2014. Vol. 544. P. 31–46.
120. Mejjaouli S., Babiceanu R. F. *RFID-Wireless sensor networks integration: decision models and optimization of logistics systems operations*. J. Manuf. Syst. 2015. Vol. 35. P. 234–245.
121. Mejjaouli S., Babiceanu R.F., Nisanci I. *The use of RFID sensor tags for perishable products monitoring*. Logistics Operations. Proc. Winter Simulation Conf., IEEE, Piscataway NJ. 2014. P. 2001–2012.
122. Menon M. K., McGinnis M. A., Ackerman K. B. *Selection criteria for providers of third-party logistics services: An exploratory study*. Journal of Business Logistics. 1998. Vol. 19(1). P. 121–137.
123. Meyer A. *Milk run Design. Definitions, Concepts and Solution approaches*. Dissertation, Karlsruher institut für technologie (KIT). 2015. 257 p.

124. Miemczyk J., Holweg M. *Building cars to customer order – what does it mean for inbound logistics operations?* *Journal of Business Logistics*. 2004. Vol 25(2). P. 171–197.
125. Mishra A. K. *Selective discount for supplier–buyer coordination using common replenishment epochs*. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 153(3). P. 751–756.
126. Miyazaki S., Ohta H., Nishiyama N. *The optimal operation planning of kanban to minimize the total operation cost*. *The International Journal Of Production Research*. 1988. Vol. 26(10). P. 1605–1611.
127. Monden Y. *Toyota production system: An integrated approach to just-in-time*, 4th edition. Cambridge, Massachusettes: Productivity Press. 2012. 521 p.
128. Mortensen O., Lemoine O.W. *Integration between manufacturers and third party logistics providers?*. *International Journal of Operations and Production Management*. 2008. Vol. 28(4). P. 331–359.
129. Ng C. T., Li L.Y.O., Chakhlevitch K. *Coordinated replenishments with alternative supply sources in two-level supply chains*. *International Journal of Production Economics*. 2001. Vol. 73(3). P. 227–240.
130. Ohlmann J., Frey M., Barrett T. *Route design for lean production systems*. *Transportation Science*. 2008. Vol. 42(3). P. 352–370.
131. *Optimising part feeding in the automotive assembly industry: Deciding between kitting and line stocking* / Limere V. et al. *International Journal of Production Research*. 2012. Vol. 50. P. 4046–4060.
132. Otto A., Scholl A. *Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing*. *European Journal of Operational Research*. 2011. Vol. 212. P. 277–286.
133. Otto A., Scholl A. *Reducing ergonomic risks by job rotation scheduling*. *OR Spectrum*. 2013. Vol. 35. P. 711–733.
134. Owens S. F., Levary R. R. *Evaluating the impact of electronic data interchange on the ingredient supply chain of a food processing company*. *Supply Chain Management. An International Journal*. 2002. Vol. 7(4). P. 200–211.
135. *Oxford Word of the Year 2007: Locavore*, OUP Blog – Oxford University Press’s Academic Insights for the Thinking World. URL: <https://languages.oup.com/word-of-the-year/>.
136. Paraffin A. S., Zindove T. J., Chimonyo M. *Perceptions of Factors Affecting Milk Quality and Safety among Large and Small Scale Dairy Farmers in Zimbabwe* [online]. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2018/5345874/>. (Accessed: 20 April 2021).
137. Podvezko V. *Application of AHP technique*. *Journal of Business Economics and Management*. 2009. Vol. 10(2). P. 181–189.
138. Qian Tao. *Logistics Technology and Management in Dairy Industry*. *Logistics Technology and Application*. 2008. Vol. 8. P. 50
139. Quelin B., Duhamel F. *Bringing together strategic outsourcing and corporate strategy: Outsourcing motives and risks*. *European management journal*. 2003. Vol. 21(5). P. 647–661.
140. Rahdari A. H. *Developing a fuzzy corporate performance rating system: a petrochemical industry case study*. *J. Clean. Prod*. 2016. Vol. 131. P. 421–434.
141. Rajak S., Parthiban P., Dhanalakshmi R. *Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic*. *Ecol. Indicat*. 2016. Vol. 71. P. 503–513.

142. *Robust and resilient strategies for managing supply chain disruptions in agribusiness supply chain / Behzadi G. et al. Int. J. Prod. Econ. 2017. Vol. 191. P. 207–220.*
143. *Roman M. Problems with the logistics of supplying dairy plants with milk. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. 2021. Vol. XX(4). P. 162–167.*
144. *Roodbergen K. J., Vis I.F.A. A survey of literature on automated storage and retrieval systems. European Journal of Operational Research. 2009. Vol. 194. P. 343–362.*
145. *Saaty. T. L. Priority setting in complex problems. IEEE Trans. Eng. Mgmt. 1983. Vol. 30(3). P. 140–155.*
146. *Schnell S. M. Food miles, local eating, and community supported agriculture: putting local food in its place. Agric. Hum. Val. 2013. Vol. 30. P. 615–628.*
147. *Sensor integrated antenna design for applications in cold chain logistics services / Liao W.-J. et al. IEEE Trans. Antennas Propag. Vol. 63(2). P. 727–735.*
148. *Sgarbossa F., Russo I. A proactive model in sustainable food supply chain: insight from a case study. Int. J. Prod. Econ. 2017. Vol. 183. P. 596–606.*
149. *Sheen G. L., Tai C. T. A study on decision factors and third party selection criterion of logistics outsourcing – An exploratory study of direct selling industry. The Journal of American Academy of Business. 2006. Vol. 9(2). P. 331–337.*
150. *Sim S., Barry M., Clift R., Cowell S. J. The relative importance of transport in determining an appropriate sustainability strategy for food sourcing. Int. J. Life Cycle Assess. 2006. Vol. 12. P. 422.*
151. *Simchi-Levi D., Chen X., Bramel J. Economic lot size models with constant demands. The Logic of Logistics. Berline: Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. 2014. P. 137–150.*
152. *Simulation model of multi-compartment distribution in the catering supply chain / Jansen D. R. et al. European Journal of Operational Research. 2001. Vol. 133 (1). P. 210–224.*
153. *Simulation performance in the optimisation of the supply chain / Manzini R., et al. Journal of Manufacturing Technology Management. 2005. Vol. 16(2). P. 127–144.*
154. *Singh R. K., Murty H., Gupta S., Dikshit A. Development of composite sustainability performance index for steel industry. Ecol. Indicat. 2007. Vol. 7. P. 565–588.*
155. *Singh R. K., Murty H. R., Gupta S. K., Dikshit A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. Ecol. Indicat. 2009. Vol. 9. P. 189–212.*
156. *Sinkovics R. R., Roath A. S. Strategic orientation, capabilities, and performance in manufacturer – 3PL relationships. Journal of Business Logistics. 2004. Vol. 25(2). P. 43–64.*
157. *Sirias D., Mehra S. Quantity discount versus lead time-dependent discount in an inter-organizational supply chain. International Journal of Production Research. 2005. Vol. 43(16). P. 3481–3496.*
158. *Sirieix L., Grolleau G., Schaer B. Do consumers care about food miles? An empirical analysis in France. Int. J. Consum. Stud. 2008. Vol. 32. P. 508–515.*
159. *Smith M. E., Buddress L. Supply chain management: borrowing our way to a discipline. International Journal of Services and Operations Management. 2005. Vol. 1(4). P. 305–319.*

160. So S. H., Kim J. J., Cheong K. J., Cho G. *Evaluating the service quality of third-party logistics service providers using the analytic hierarchy process*. *Journal of Information Systems and Technology Management*. 2006. Vol. 3(3). P. 261–270.
161. Sohraby K., Minoli D., Znati T. *Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2007. 325 p. URL: <http://www.tfb.edu.mk/amarkoski/WSN/Kniga-w02>.
162. Spencer M. S., Rogers D. S., Daugherty P. J. *JIT systems and external logistics suppliers*. *International Journal of Operations and Production Management*. 1994. Vol. 14(6). P. 60–74.
163. Spinler S., Huchzermeier A. *The valuation of options on capacity with cost and demand uncertainty*. *European Journal of Operational Research*. 2006. Vol. 171(1). P. 915–934.
164. Serman J. *Modelling managerial behaviour: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment*. *Management Science*. 1989. Vol. 35(3). P. 321–339.
165. Swaminathan J. M., Nitsch T. R. *Managing product variety in automobile assembly: The importance of the sequencing point*. *Interfaces*. 2007. Vol. 37. P. 324–333.
166. Tao C.-C., Hung C.-C. *A comparative approach of the quantitative models for sustainable transportation*. *J. Eastern Asia Soc. Transport. Stud.* 2003. Vol. 5. P. 3329–3344.
167. Tassou S., De-Lille G., Ge Y. *Food transport refrigeration Approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport*. *Appl. Therm. Eng.* 2009. Vol. 29. P. 1467–1477.
168. Tibben-Lembke R. S. *N-period contracts with ordering constraints and total minimum commitments: optimal and heuristic solutions*. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 156(2). P. 353–374.
169. *Transportation of fresh horticultural produce* / Vigneault C. et al. *Postharv. Technol. Hortic. Crops*. 2009. Vol. 2. P. 1–24.
170. Tsay A. *The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives*. *Management Science*. 1999. Vol. 45(10). P. 1339–1358.
171. Vargas L. G. *An overview of the analytic hierarchy process and its applications*. *Eur. J. Oper. Res.* 1990. Vol. 48. P. 2–8.
172. Volling T., Matzke A., Grunewald M., Spengler T. S. *Planning of capacities and orders in build-to-order automobile production: A review*. *European Journal of Operational Research*. 2012. Vol. 224. P. 240–260.
173. Wang Q., Tsao D. *Supply contract with bidirectional options: the buyer's perspective*. *International Journal of Production Economics*. 2006. Vol. 101(1). P. 30–52.
174. Wan-wan Ji. *Analysis of influencing factors of dairy cold chain logistics transportation based on fuzzy analytic hierarchy process*. *Journal of Southeast University*. 2016. Vol. 18. P. 55–56.
175. Weber C. L., Matthews H. S. *Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States*. *Environ. Sci. Technol.* 2008. Vol. 42. P. 3508–3513.
176. Weng Z. K. *The power of coordinated decisions for short-life-cycle products in a manufacturing and distribution supply chain*. *IIE Transactions*. 1999. Vol. 31(11). P. 1037–1049.

177. Wen-jing Dai. *Research on problems and countermeasures of cold chain transportation of dairy products*. *The Farmers Consultant*. 2019. Vol. 21. P. 140–141.
178. Williams G. *Progress towards customer pull distribution*. Research paper 4/2000. *The International Car Distribution Programme, Solihull*. 2000.
179. Wind Y., Saaty T. L. *Marketing applications of the analytic hierarchy process*. *Mgmt. Sci.* 1980. Vol. 26(7). P. 641–658.
180. Xiao-xin Liu. *Problems and Countermeasures of Cold Chain Logistics of Dairy Products*. *China Economic & Trade Herald*. 2019. Vol. 23. P. 99–100.
181. Yano C. A., Bozer Y., Kamoun M. *Optimizing dock configuration and staffing in decentralized receiving*. *IIE Transactions*. 1998. Vol. 30. P. 657–668.
182. Youssef A. M. *Landslide susceptibility delineation in the Ar-Rayth area, Jizan, Kingdom of Saudi Arabia, using analytical hierarchy process, frequency ratio, and logistic regression models*. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 73(12). DOI:10.1007/s12665-014-4008-9
183. Yu W., Egbelu P. J. *Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage*. *European Journal of Operational Research*. 2008. Vol. 184. P. 377–396.
184. Yu-lu Chen. *Analysis of the problems existing in the cold chain logistics of dairy products in my country*. *The Fortune Times*. 2014. Vol. 8. P. 39.
185. Zadeh L. A. *Fuzzy logicj computing with words*. *IEEE Trans. Fuzzy Syst.* 1996. Vol. 4. P. 103–111.

РОЗДІЛ V. СИСТЕМА НАССР

5.1. Загальні основи системи НАССР.

Акронім НАССР («hazard analysis and critical control point system») означає аналіз небезпек і систему критичних контрольних точок, якщо розглянути дефініцію цього поняття в Codex Alimentarius, то це система, яка ідентифікує, оцінює та контролює небезпечні фактори, важливі для безпеки харчових продуктів. На сьогоднішній день, цей підхід у всьому світі вважається еталонним методом для забезпечення безпеки харчових продуктів. Однак, для ефективності розробленої системи НАССР, поруч з нею необхідно впровадити низку інших програм, деякі з яких можуть бути інтегровані у «програму передумов», а інші можуть паралельно формуватися та вдосконалюватися системою підприємства:

1. група діяльності системи під загальною назвою «належний гігієнічний стан» – розробка шляхів підтримки належного санітарного стану підприємства, боротьба зі шкідниками, аналіз небезпечних чинників, пов'язаних із санітарним станом, та розробка шляхів його покращення;

2. розгляд скарг споживачів та розробка системи для їх перевірки, після проведення аналізу технологічного процесу розробка необхідних коригувальних дій;

3. моніторинг патогенів в навколишньому середовищі, які через контакт із сировиною чи готовим продуктом здатні до контамінації, що загрожує безпеці споживачів.

Проте важливо, щоб розробка цих заходів і програм, якщо вони безпосередньо не входять у систему НАССР, здійснювалася згідно з її принципами, а моніторинг їхніх результатів здійснювався у координації з системою аналізу небезпек і критичних контрольних точок – для корекції їхньої діяльності розроблялися дієві корегувальні дії.

Система НАССР була розроблена для забезпечення мікробіологічної безпеки харчових продуктів, у процесі її вдосконалення

принципи системи було поширено на всі види небезпеки харчових продуктів:

- хімічні чинники;
- фізичні чинники;
- алергени;
- водопостачання.

Створення системи НАССР обумовлене різким зростанням попиту на безпечну їжу, оскільки змінилася парадигма споживання харчових продуктів в сторону розуміння зв'язку між дієтою та здоров'ям. Окрім цього, за останні два роки зросла частка замовлень доставки готових страв з ресторанів, що зменшує контроль споживачів за їх обробкою та приготуванням. Через зменшення технічних, транспортних та політичних бар'єрів міжнародна торгівля продовольчими продуктами є постійним джерелом поставок продукції у всі країни світу, що може нести нові мікробіологічні ризики для країн-імпортерів. Ці тенденції породжують попит як на державному, так і на приватному ринку на безпечні, у все ширшому понятті цього терміну, харчові продукти. Тим не менш, уряди апріорі намагаються ефективніше використовувати державні ресурси, а приватні ринки часто не забезпечують належну безпечність харчових продуктів, оскільки безпека не є очевидною для споживачів, а загальний аналіз безпечності продуктів потребує значних капіталовкладень. Таким чином, експортери, імпортери, а також компанії, які здійснюють виробництво харчової продукції, є демотивовані щодо впровадження контролю за безпечністю харчових продуктів, бо не отримують відповідної віддачі від кінцевих споживачів.

Для забезпечення ефективного і єдиного підходу до контролю харчових продуктів було розроблено систему НАССР, яка була поступово впроваджена на державному рівні у багатьох країнах світу:

– для країн ЄС – директив Європейського Союзу 93/43, яка набула чинності в грудні 1995 року [16].

– у США система НАССР вперше була впроваджена для морепродуктів, м'яса та птиці у 1994–1996 роках, для свіжих фруктових соків у 1998 році, а в подальшому поширилася на інші галузі виробництва харчових продуктів [32].

– Австралія, Нова Зеландія та Канада також були серед перших країн щодо впровадження системи контролю якості та

безпеки харчових продуктів, тим не менш на урядовому рівні вони перші, хто розробили та впровадили як обов'язкові, так і добровільні державні програми для заохочення прийняття НАССР державними та приватними харчовими підприємствами [10, 36].

Наступним кроком у впровадженні НАССР як системи безпеки харчових продуктів була розробка та прийняття ряду законодавчих ініціатив: згідно вимоги статті 4 і та додатків I–III Регламенту (ЄС) № 852/2004 та № 178/2002. [48, 49]: усі оператори харчових підприємств, які не мають відношення до первинного виробництва, повинні дотримуватися не лише належної гігієнічної практики («good hygiene practices» або GHP), але й процедур, розроблених у компанії на основі принципів системи НАССР. Вирішальне значення для забезпечення безпечних харчових продуктів має відповідність вимогам GHP та процедурам, заснованим на принципах системи НАССР харчового підприємства. Щодо впровадження системи НАССР в Україні, то лише у 2012 році згідно наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України № 590 від 01.10.2012 [2] здійснено опис загального принципу аналізу безпечності харчових продуктів. У зв'язку з низькими темпами впровадження системи аналізу небезпек і критичних контрольних точок на харчових підприємствах нашої держави, Верховною Радою України було прийнято закон № 2042-VIII «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин», **який у статті 65 передбачав** накладення на операторів ринку штрафних санкції (від 15 до 30 мінімальних заробітних плат) за невпровадження на потужностях системи НАССР. В загальному, результатами таких ініціатив стало використання цієї системи в більшості розвинених країн світу, що стимулювало менш розвинені країни, які експортують харчові продукти на промислово розвинені ринки, також впровадити систему НАССР [29].

Незважаючи на повномасштабне впровадження системи НАССР як на міжнародних консервах, так і на малих харчових підприємствах, існує ряд суперечок щодо обов'язковості її введення, пов'язаних з:

- можливою неефективністю контролю та усунення виявлених потенційних небезпек для харчових продуктів системою НАССР [18];
- низькою ефективністю поєднання цієї системи з конкретними стандартами виготовлення продукції [17];

- відсутністю адаптивного підходу до регуляторного нагляду, тобто, система занадто складна та потребує значних вкладень для здійснення простого моніторингу процесів [41].
- вибором найефективнішого підходу для компанії для забезпечення безпеки харчових продуктів [4].

Перш ніж перейти до розгляду моніторингу системою НАССР безпеки харчових продуктів, необхідно проаналізувати контроль якості готового продукту. Адже ця складова готового продукту в першу чергу визначає попит та здатна змінюватися для забезпечення ефективності роботи компанії та її конкурентоздатності. Так як якість харчового продукту формується в процесі його виробництва, її рівень знаходиться у прямій залежності від організації та реалізації виробничих процесів, а саме організаційних правил технологічних операцій.

Щодо дефініції поняття «якості», то міжнародний стандарт ISO 9001:2015 [24], то це набір властивостей продукту, які відповідають вимогам споживачів. Якість харчового продукту обумовлена рядом його характеристик, які досягаються в процесі виробництва. Ці ознаки можна розділити за декількома категоріями, але найбільш вдалою є їх категоризація за [26], при цьому авторами виділено три основних групи (табл. 5.1):

- органолептичні якості продукції;
- доступність для споживача;
- якість продукту для підтримання здоров'я споживача.

Таблиця 5.1

Основні категорії якості продукції

Органолептичні якості продукції	Доступність для споживача	Якість продукту для підтримання здоров'я споживача
Зовнішній вигляд	Ціна	Калорійність продукту
Смак	Простота застосування	Склад нутрієнтів продукту
Запах	Розміри продукту	Мікробіологічна безпечність продукту
Консистенція	Термін придатності	
Структура		

Джерело: [26]

Іншою частиною системи НАССР є безпека харчових продуктів, під якою розуміється гарантія того, що готовий продукт не зашкодить здоров'ю споживача, якщо його піддають подальшій обробці та/або споживають за призначенням [8]. Таким чином, харчовий продукт є безпечним для здоров'я споживача, якщо в

ньому відсутні фактори, які можуть негативно вплинути на його здоров'я споживача. Такі фактори розділяють на дві групи:

- ознаки, які формують якість кінцевого продукту та безпосередньо пов'язані з його безпекою;
- ознаки, які опосередковано інформують про можливість наявності у продукті небезпеки для здоров'я споживача.

Згідно регламенту ЄС № 852 від 2004 року [49] безпека харчових продуктів є відповідальністю компанії-виробника, тому якість у широкому сенсі дуже важлива для суб'єктів харчового промисловості, але особлива увага приділяється саме безпеці, яка має безпосередній вплив на здоров'я споживачів [30, 52]. Така увага до безпеки харчових продуктів прикута тому, що споживач здатний сам оцінити якість продукту, тоді як безпека для власного здоров'я не може бути безпосередньо оцінена консьюмером.

Система НАССР прийшла на зміну реакційній системі забезпечення безпечності харчових продуктів, основою для якої були емпірично розроблені директиви, які називалися «кодексами практики» («codes of practice»), а підтвердженням їх ефективності слугували дослідження термінального продукту компанії. Якщо розглядати такі кодекси з точки зору їх застосування в різних ситуаціях виробництва чи переробки харчових продуктів, то вони носили загальний характер і не могли зосередитися на тих небезпечних чинниках, які були присутні на окремо взятому виробництві чи технологічній лінії, не передбачали аналіз інгредієнтів та пакувальних матеріалів з точки зору ризиків для споживача. Таким чином, ці директиви не були інтегровані у виробничий процес та носили формальний характер.

Процес глобалізації виробництва харчових продуктів, що зумовив зміну в сировині для виготовлення традиційних харчових продуктів, у поєднанні з розвитком технологій, що оптимізували технологічні лінії виробництва, призвів до не дієвості традиційного підходу контролю небезпек у харчових продуктах. Крім того, зі збільшенням індустріалізації, масового виробництва та розподілу харчових продуктів ризик масових спалахів харчових захворювань, як це спостерігалось в останні роки, зріс [22]. Зростання попиту на харчові продукти, отримані з ресторанів, зумовив підвищення контролю за патогенними мікроорганізмами, що передаються харчовими продуктами, особливу увагу почали звертати на їх вірулентність для вразливої групи населення: дітей, людей з низьким рівнем імунітету, споживачів, які хворіють, особливо це

стосується COVID-19. Ґрунтуючись на традиційному підході – дослідженні термінальної продукції підприємства, не можливо забезпечити ефективний контроль якості, а з точки зору формування адекватної вибірки для статистично достовірного результату такий підхід є економічно не вигідним для підприємства. Ще однією перепорою цього підходу було те, що результати дослідження компанія отримувала вже після реалізації партії продукції, у разі не відповідності нормам безпеки, компанія могла понести значні фінансові та репутаційні втрати.

Виходячи із вище зазначеного, перед виробниками харчових продуктів постала потреба у впровадженні ефективнішої системи безпечності харчових продуктів, яка б змінила свій вектор з ретроградного на прогресивний. Такий підхід повинен проаналізувати технологічний процес виробництва, оцінити можливі ризики, пов'язані з випуском продукту, ідентифікувати їх та розробити методи їх контролю та сформувані алгоритми дій у разі збою в системі роботи. Саме для досягнення цих цілей було впроваджено систему НАССР, тим не менш, нова система безпечності не покликана повністю замінити загальні правила гігієни, а лише їх підсилити. Таким чином, розроблені гігієнічні кодекси і надалі будуть використовуватися на харчових підприємствах як «перша лінія захисту», щоб забезпечити загальний гігієнічний стан виробничого середовища, а система НАССР буде застосовуватися як «друга лінія захисту» – для створення функціонально активної системи забезпечення безпеки харчових продуктів на виробництві, а фінальним етапом або так званою, «третьою лінією захисту» слугуватиме тестування кінцевого продукту, що слугуватиме підтвердженням ефективності роботи впровадженої системи загалом [22].

На сьогоднішній день можна виділити ряд переваг системи НАССР над традиційним підходом до забезпечення безпечності харчових продуктів [52]:

1. проактивний підхід до управління безпечністю харчових продуктів – система спрямована на виявлення потенційних загроз з боку виробничого процесу, що необхідно при введенні нових виробничих потужностей на підприємстві;

2. система НАССР носить адаптивний характер, тобто здатна до операційних перебудов технологічних ліній виробництва;

3. оптимізує затрати на забезпечення безпечності готового продукту, так як визначає потенційні ризики та спрямовує грошові ресурси на найнагальніші потреби;

4. система НАСССР розробляється підприємством для всього ланцюга виробництва продукту – від вирощування сировини до приготування кінцевого продукту.

5. впроваджує систему аудитів, що дозволяє систематично покращувати кожен кластер виробничого процесу.

Так як пріоритетним аспектом виробництва харчових продуктів стала їхня безпека, найефективнішим інструментом забезпечення стандартів цієї характеристики для усіх членів ЄС, країн, які підписали асоціацію з ЄС або ведуть з ними торгівлю стала розробка та впровадження єдиних нормативно-правових актів. Починаючи з 2002 року в законодавстві Європейського Союзу розпочалася систематична робота по гармонізації розроблених єдиних норм та вимог до харчових продуктів із нормативною базою кожної країни. Ця робота здійснювалася трьома напрямками [39]:

- через прийняття Регламентів ЄС, які передбачають безпосереднє застосування для харчових підприємств;
- впровадження Директив ЄС в державах-членах через їхнє власне законодавство;
- через прийняття Рішень ЄС, які також мають пряме застосування.

Окрім розробки загальних принципів та показників безпечності, усі нормативні акти містять три важливі принципи правової системи:

1. принцип верховенства права ЄС («The principle of the primacy of EU law»), тобто розроблені принципи мають перевагу над національним законодавством держав-членів;

2. принцип прямого застосування розроблених принципів («The principle of direct application»);

3. принцип одноманітності («The principle of uniformity») – розроблені принципи у повній мірі та однаково застосовується в кожній країні ЄС.

Першим етапом впровадження принципів системи НАСССР у ЄС став розроблений Європейською Радою та Парламентом Регламент ЄС № 178/2002 від 28 січня 2002 року, який передбачав:

- загальні принципи та вимоги до харчового законодавства усіх держав-членів союзу;
- проголошував створення Європейський органу з безпечності харчових продуктів («European Food Safety Authority»);
- встановлював єдині процедури у сфері безпечності харчових продуктів.

Окрім цього, Регламент № 178/2002 передбачав формування законів, постанов та адміністративних положень у сфері харчових продуктів, а саме їх безпеки на рівні Європейського Союзу та, відповідно, на національному рівні. Ці законодавчі ініціативи стосувалися різних етапів виробничого процесу – від харчових продуктів і кормів, вироблених для сільськогосподарських тварин до кінцевої продукції переробки сировини [48].

Важливими для розуміння підходу безпечності харчових продуктів є стаття № 2 цього нормативного документу, яка надає пояснення дефініції терміну «їжа», як «харчовому продукту», що означає будь-яку речовину або продукт, який піддавався повній або частковій обробці або реалізується необроблений, призначений для споживання людиною або буде споживатися людьми. Не менш важливими є положення, передбачені у статті № 14, які описують вимоги до безпечності харчових продуктів. Харчовий продукт вважається небезпечним, якщо він має негативний вплив на здоров'я споживача або є непридатним для споживання людиною. Рішення щодо небезпечності харчового продукту може бути прийняте, керуючись такими принципами:

- споживання таких продуктів матиме ймовірні негативні наслідки (негайні, короткострокові або довгострокові) на здоров'я споживача та для майбутніх поколінь;
- споживання таких продуктів матиме негативні наслідки для здоров'я споживача через накопичення полютантів у тканинах його тіла;
- споживання таких продуктів може зумовити алергічні прояви чи інші негативні фізіологічні прояви для певної категорії споживачів.

Наступним кроком у розробці єдиного законодавчого поля у сфері харчової продукції стала розробка юридичних актів, які називають «гігієнічним пакетом» («the hygiene package»). Правила гігієни визначені в двох основних Регламентах ЄС № 852/2004 – про гігієну харчових продуктів та № 853/2004 – гігієнічні правила для харчових продуктів тваринного походження.

Регламент ЄС 852/2004 встановлює загальні гігієнічні вимоги, яких повинні дотримуватися оператори ринку на всіх етапах харчового ланцюга, а також впроваджує загальний термін для цього «good hygiene practices» або GHP. Усі харчові компанії, від первинних виробників до роздрібних торговців, повинні дотримуватися цих вимог. Оператори харчової промисловості, які займа-

ються переробкою харчових продуктів тваринного походження, повинні дотримуватися гігієнічних вимог, передбачених у Регламенті ЄС 853/2004. Цей документ передбачає формування необхідного рівня гігієни на всіх етапах виробничого процесу, починаючи з первинного виробництва, наприклад, молока, закінчуючи реалізацією готового продукту, при цьому, враховується специфіка різних галузей харчової промисловості.

Як зазначається у Регламенті ЄС 853/2004, усі оператори харчової промисловості, які не є виробниками сировини, повинні відповідати не лише вимогам GHP, але й процедурам, розробленим у компанії на основі принципів системи HACCP (рис. 5.1) [31].

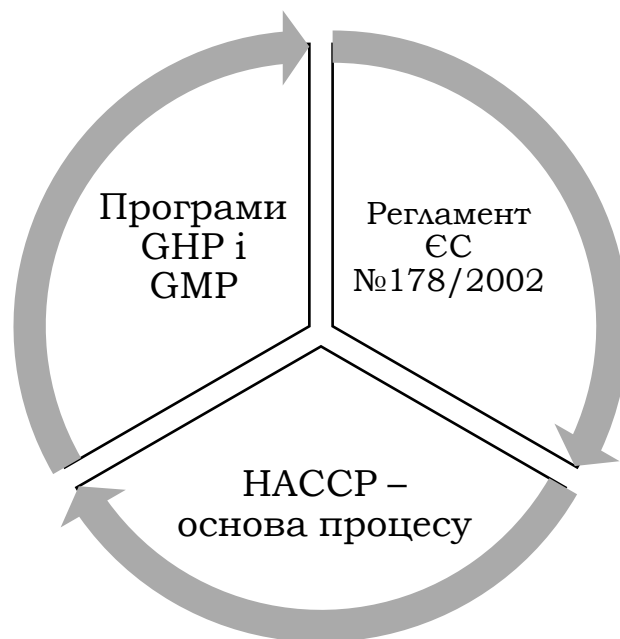


Рис. 5.1. Взаємозв'язок між законодавчими вимогами та системою HACCP

Джерело: [9]

Не менш важливим для забезпечення випуску безпечної продукції є програми передумов («prerequisite programs (PRPs)»), які викладені у статті 4, додатках I і II Регламенту ЄС 852/2004 та додатку III Регламенту ЄС 853/2004. Ці програми передумов є додатковими критеріями для технологічного та виробничого процесу, так звана, «належна виробнича практика («Good Manufacturing Practices (GMP)»), яка включає дотримання необхідних температур у технологічному процесі як виробництва, так і охолодження і зберігання продукту, дозування інгредієнтів та інше. Також передбачені додаткові вимоги до гігієни виробництва – процес санітарної обробки обладнання (миття та дезінфекція), гігієна персоналу та інше [53]. Необхідно зазначити, що програми

передумов враховані і в документах інших міжнародних організацій таких як ВООЗ, FAO, Codex Alimentarius та ISO [9].

Перераховані вище вимоги до гігієни та виробничої практики носять превентивний характер, що є основою системи НАССР, та розробляються до впровадження цієї системи на підприємстві, а після їх реалізації підтримуються та актуалізуються. Для ефективного впровадження цієї практики розроблено окремий нормативний документ ISO 22000:2005 [23], який передбачав аналіз небезпечних чинників для різних секторів та сегмента харчового ланцюга. Загалом ISO 22000:2005 базується на структурованій системі управління та включений в загальну управлінську діяльність організації для створення, впровадження, моніторингу та оновлення найбільш ефективних систем безпеки харчових продуктів. За допомогою цього стандарту можна інтегрувати систему НАССР та етапи безпечності Codex Alimentarius у виробничий процес. ISO 22000:2005 поєднує план НАССР з програмами передумов, а перевірку ефективності цього процесу здійснюють за допомогою внутрішніх та зовнішніх аудитів [23].

Таким чином, дотримання вимог GHP та процедур, розроблених підприємством на принципах системи НАССР, дозволяє забезпечити належний рівень безпеки для харчового продукту. Впровадження системи НАССР є трудомістким процесом, який потребує значних зусиль та часу, тим не менш, саме підтримка цієї системи та дотримання її правил є визначальним у сфері управління безпечністю харчових продуктів. Для забезпечення цього процесу необхідно здійснювати систематичний контроль за виробничим процесом та за документацією персоналу, що є відображенням технологічних етапів виробництва готового продукту. Не менш важливим аспектом ефективної роботи системи НАССР є обізнаність персоналу у сфері управління безпечністю харчових продуктів та їхня залученість до його реалізації на робочих місцях [7, 11, 20, 38, 52].

Належна виробнича практика. У харчовій промисловості GMP – це діяльність оператора ринку, яка може вплинути на безпеку харчового продукту. Ці процедури можуть передбачати процес первинної обробки сировини, виробничі процеси виготовлення харчового продукту, показники виробничого середовища та персоналу, а також технологічного обладнання.

Управління з контролю за продуктами і ліками (FDA) впровадило GMP для продуктів харчування, ліків для людей і тварин,

обладнання та харчових добавок. На сьогодні, практика GMP використовується в харчовій промисловості як основа для виробництва, експорту та імпорту безпечних харчових продуктів у всьому світі. Розвиток технологій та виробничих потужностей змушують проводити систематичну роботу по актуалізації виробничих практик, останні напрацювання в цьому напрямку були опубліковані в розділі 21 Кодексу федеральних правил («Code of Federal Regulation»), частина 110 та названі «поточними виробничими практиками» («current good manufacturing practices») [26].

Загалом, виділяють 10 правил GMP:

1. підготовка та впровадження процедур та робочих інструкцій;
2. дотримання розроблених процедур та інструкцій;
3. документування роботи на електронні чи паперові носії для можливості перевірки процесу пост фактум;
4. перевірка роботи обладнання та персоналу;
5. дотримання процедур проектування технологічних ліній та обладнання, а також об'єктів будівництва на виробництві;
6. підтримка виробничих приміщень та обладнання на відповідному санітарному рівні;
7. перевірка та розвиток компетентності працівників підприємства;
8. попередження забруднення та перехресної контамінації обладнання та готового продукту;
9. контроль якості та безпеки вхідних матеріалів, інгредієнтів та готової продукції;
10. проведення внутрішніх аудитів служб підприємства.

ISO/TS 22002-1 (PAS 220:2008). Іншим нормативним документом, який передбачає забезпечення необхідного рівня безпеки харчових продуктів, є ISO/TS 22002-1, який було розроблено на основі британського стандарту PAS 220, аббревіатура PAS означає публічно доступна специфікація («Publicly Available Specification»). Цей стандарт набув чинності 25 жовтня 2008 року, але пізніше був анульований, а на його базі було розроблено загальний стандарт ISO. Завданням стандарту ISO/TS 22002-1 є підтримка FSMS, розроблених відповідно до вимог ISO 22000, на етапі промислового виробництва харчових продуктів.

Стандарт ISO/TS 22002-1 містить вимоги в таких областях:

1. будівлі (вимоги до процесу будівництва, навколишнього середовища та розташування будівель);

2. приміщення та робочий простір (внутрішній дизайн, планування та схеми руху, внутрішні конструкції та розташування обладнання);

3. енергоресурси (водопостачання, подача пари котельні, якість повітря та вентиляція, стиснене повітря);

4. утилізація відходів (шляхи транспортування відходів на виробництві, поводження з відходами та їх утилізація, стоки підприємства);

5. обладнання (гігієнічний стан поверхонь, що контактують з продуктом, проведення санітарної обробки та методи моніторингу);

6. постачання матеріалів та інгредієнтів (вибір та управління постачальниками, вимоги до сировини, інгредієнтів та пакувальних матеріалів);

7. перехресне мікробіологічне забруднення (заходи щодо попередження мікробіологічного забруднення, управління алергенами та фізичного забруднення продукту);

8. санітарна обробка (засоби та способи миття та дезінфекції, програми санітарної обробки, СІР та моніторинг ефективності санітарії);

9. боротьба із шкідниками (розробка програм боротьби із шкідниками, захист від проникнення шкідників у будівлі компанії, захист будівель від гніздування птахів, розробка дієвих систем моніторингу наявності шкідників та їх ліквідації);

10. персонал (вимоги до санітарно-гігієнічних приміщень і туалетів, їдалень, спецодягу для персоналу; моніторинг стану здоров'я персоналу, моніторинг випадків травматизму та його попередження, вимоги до особистої поведінки персоналу підприємства, особливо виробничих дільниць).

Система НАССР. Як вже зазначалося раніше, система НАССР є інструментом, який допомагає підприємствам харчового сектору досягти безпеки харчових продуктів [19, 21, 25, 45], тим не менш обов'язковість розробки процедур на основі принципів системи НАССР не відноситься до первинного виробництва, що пов'язано з практичною недієвістю системи в першій ланці харчової промисловості [43, 45]. Згідно з Регламентом ЄС 852/2004 розроблені на підприємстві процедури системи НАССР повинні враховувати принципи безпеки з Codex Alimentarius [38, 47]. А найважливішим питанням, яке слід враховувати при розробці процедур на основі принципів системи НАССР, є моніторинг критичних точок контролю (КТК). Це обумовлено тим, що працівни-

кам підприємства необхідно для кожної з них розробити окремі принципи моніторингу та проводити їх верифікацію.

Процедури, розроблені на основі принципів системи НАССР, не можуть залишатися незмінними; вони піддаються актуалізації та оптимізації. Однією з основних причин внесення змін є модернізація технологічного обладнання, що використовується у виробництві або в процесах переробки харчових продуктів. Кожна внесена зміна передбачає повторний аналіз всієї процедури, щоб переконатися, що ця зміна не призведе до внесення іншої додаткової небезпеки, яка не була врахована раніше. Наприклад, у разі переходу технологічного процесу виготовлення йогуртів, збагачених білком, з ретентату, як джерела додаткового протеїну, на WPC. Це передбачатиме етап внесення сухих інгредієнтів та їх розчинення при температурах 40-45°C, що накладатиме обмеження у часі розчинення. Кожна компанія, яка виготовляє харчові продукти, ґрунтуючись на передовому науковому та емпіричному досвіді, повинна визначити на власному виробництві небезпечні чинники та розробити відповідні заходи для їх контролю, тобто необхідно запровадити PRPs [51].

Перш ніж розпочати роботу над впровадженням системи НАССР підприємство повинно пройти підготовчий етап, який включає ряд кроків:

1. формування крос-функціональної команди НАССР;
2. формування опису кінцевого продукту;
3. визначення цільового використання;
4. опис процесу виробництва готового продукту;
5. верифікація виробничого процесу.

Формування крос-функціональної команди НАССР. Члени цієї команди є спеціалістами у різних як наукових, так і виробничих напрямках, таким чином вони володіють як теоретичними, так і практичними знаннями та досвідом виробництва готової продукції, її дослідження, зберігання, транспортування та реалізації [54]. До складу команди повинні входити спеціалісти, які володіють знаннями про потенційні біологічні, хімічні та фізичні небезпечні чинники, а також технологи та фахівці, які здійснюють контроль за технологічним процесом, спеціалісти в напрямках санітарії та системи НАССР [55]. Якщо система НАССР повинна бути розроблена для малого підприємства, де працює декілька працівників, відповідальним за цей процес може бути призначена одна людина.

Формування опису кінцевого продукту. Ефективна робота системи НАССР передбачає розробку описів готових продуктів, що

містять інформацію про їхню безпеку [28]. Продукти, які виготовляються за однією і тією ж технологічною схемою, характеризуються однаковими небезпечними чинниками, а тому можуть бути згруповані в один документ [11]. В описі продукту повинна міститися інформація такого характеру [33]:

- походження інгредієнтів та сировини;
- хімічний склад сировини, інгредієнтів та добавок, а також наявність алергенів різного генезу;
- структура продукту (тверда, рідка, геле- або порошкоподібна);
- фізико-хімічні характеристики (густина, значення рН, активність води, тощо);
- спосіб переробки (нагрівання, заморожування, копчення, засолювання);
- упаковка (герметична, вакуумна або в атмосфері інертних газів);
- маркування готового продукту;
- умови зберігання готового продукту;
- умови реалізації споживачу;
- термін придатності готового продукту («термін використання» та «термін придатності»);
- інструкція із застосування;
- мікробіологічні показники продукту.

Визначення цільового використання. Команда НАССР повинна визначити очікуване використання продукту цільовими клієнтами. Під час ідентифікації та оцінки небезпек і подальшої діяльності в рамках розробки та впровадження процедур, заснованих на принципах системи НАССР, слід враховувати кінцеве використання продукту, тобто використання будь-якої термічної обробки або відсутність теплової обробки, цільові категорії споживачів різних вікових груп: немовля, діти, люди похилого віку, а також епідеміологічні дані [9].

Опис процесу виробництва готового продукту. Усі етапи виробничого процесу повинні бути проаналізовані з точки зору небезпечних чинників та розроблені методи їх моніторингу. Для цього члени групи НАССР повинні розробити детальну блок-схему виробничого процесу [28], куди повинні бути включенні всі етапи технологічного процесу, отримання інгредієнтів, сировини та добавок, а також транспортування готового продукту в торгівельні мережі. При описі технологічного процесу необхідно враховувати часові люфти виробництва: санітарна обробка обладнання, час

фасування готової продукції, час охолодження. Технічні дані, які мають вирішальне значення для забезпечення безпеки кінцевого продукту: температура пастеризації продукції, температура охолодження продукту, температура транспортування продукції, показник вмісту вологи в кінцевому продукті. Окрім цього, необхідно на плані виробничих дільниць показати чисті і брудні зони та рух продукту по технологічному ланцюзі виробництва [33].

Верифікація виробничого процесу. Останнім кроком підготовки є перевірка відповідності опису технологічного процесу фактичній ситуації виробництва готового продукту. Оцінку опису виробничого процесу слід проводити під час його фактичного виконання. Будь-які невідповідності між описом і практичною реалізацією повинні бути усунені [33].

В основу системи НАССР покладено сім основних принципів [49]:

1. Проведення аналізу небезпечних чинників по ходу технологічного процесу виробництва готового продукту.
2. Визначення критичних точок контролю (КТК) виробничого процесу.
3. Встановлення критичних меж етапів виробництва, які дозволяють забезпечити безпечність кінцевого продукту.
4. Розробка системи моніторингу КТК.
5. Розробка коригувальних дій для забезпечення ефективного моніторингу КТК.
6. Розробка та впровадження процедур верифікації для підтвердження дієвості системи НАССР.
7. Впровадження системи документації всіх розроблених процедур та результатів моніторингу.

Для повного розуміння принципів НАССР необхідно їх ширше розглянути:

Принцип 1 – проведення аналізу небезпечних чинників по ходу технологічного процесу виробництва готового продукту. Згідно визначення Codex Alimentarius [8, 47] небезпечні чинники – це біологічні, хімічні або фізичні фактори, які присутні у харчовому продукті, або такий його стан, який може спричинити несприятливий вплив на здоров'я споживача.

Потенційна можливість формування небезпечного чинника залежить від виконання окремих етапів технологічного процесу, а потенційним джерелом безпеки для продукту чи напівфабрикату може бути обладнання та персонал виробничої дільниці. Таким чином, технологічні умови та робота персоналу на кожному

етапі виробничого ланцюга визначають небезпечні чинники для кінцевого продукту [11].

Після формування списку усіх можливих небезпечних чинників виробничого процесу група НАССР повинна вибрати потенційно ймовірні та значимі небезпеки та, за потреби, розробити механізми для їх усунення або зменшення їхнього рівня до прийнятного значення [27].

При оцінці потенційної ймовірності та значимості їх наслідків для споживача ряд авторів [28, 44, 45] пропонує керуватися такими критеріями:

- кількісна оцінка ймовірності виникнення потенційної небезпеки;
- важкість наслідків для здоров'я споживача у разі реалізації цієї небезпеки;
- виживання або розмноження патогенних мікроорганізмів;
- привнесення або збереження небезпечних чинників хімічного характеру;
- привнесення у процесі виробництва або збереження токсинів мікробіологічного походження;
- забруднення сировини, проміжного або кінцевого продукту біологічними, хімічними (наприклад, алергенами) або фізичними небезпечними чинниками.

Найчастіше виділяють такі класи небезпечних чинників:

1. біологічні;
2. хімічні;
3. фізичні.

До біологічних небезпечних чинників відносять:

- патогенні мікроорганізми;
- мікотоксини цвілі;
- токсини бактеріального походження;
- віруси;
- паразити.

Перераховані вище небезпечні чинники, зазвичай, пов'язані із молочною сировиною, наприклад, патогенних мікроорганізмів та різних токсинів. Такі небезпечні фактори є опосередкованими індикаторами гігієнічного стану стада та загалом умов під час їх доїння. Ідентифікація потенційних чинників повинна включати розгляд можливості появи цих факторів у сировині, напівфабрикатах та готових продуктах [33]:

- *Salmonella* spp.;
- *Staphylococcus aureus*;

- *Listeria monocytogenes*;
- *Shigella dysenteriae*;
- *Campylobacter jejuni*;
- *Clostridium botulinum*;
- *Clostridium perfringens*;
- *Bacillus cereus*;
- *Yersinia enterocolitica*.

Загалом, аналіз біологічних небезпечних чинників є складним процесом, бо вимагає знань про патогенну мікрофлору, характерну для цього виду продукту, умов розвитку та розмноження цих мікроорганізмів, а також шляхів їх анігіляції, а також температурних умов інактивації спор цих організмів.

При визначенні потенційних джерел *небезпечних чинників хімічного генезу* необхідно обов'язково аналізувати вхідну сировину та зовнішнє середовище виробничого процесу. Розширений список хімічних небезпечних чинників молочної сировини наданий у праці S. E. Mortimore та C. A. Wallace [33]:

- важкі метали;
- пестициди;
- нативні токсини;
- антибіотики;
- гормональні препарати;
- алергени;
- неорганічні та органічні добрива.

Окрім цього, у даній праці сформулювали перелік хімічних небезпечних чинників зовнішнього середовища виробничого процесу:

- харчові добавки (консерванти);
- миючі та дезінфікуючі засоби;
- репеленти різного характеру, а також засоби проти гризунів;
- покриття поверхонь обладнання та фарба.

Щодо *небезпечних чинників фізичного характеру*, то це сторонні тіла твердого агрегатного стану, які можуть бути присутніми в харчовому продукті. Джерелами їх попадання може бути сировина, персонал або обладнання. Особливу увагу необхідно приділяти на етапі фасування продукції та її транспортування, бо етапи виготовлення, зазвичай, є закритим процесом.

Прикладами небезпечних чинників фізичного характеру є [33]:

- осколки скла;
- фрагменти деревини;
- металеві частинки, у тому числі, пакувальна фольга;

- фрагменти пластику;
- індивідуальні речі персоналу виробничих дільниць, наприклад, волосся або ювелірні прикраси.

Відповідно, для попередження потенційних небезпечних чинників або зменшення їх негативного впливу будь-яке підприємство, яке працює в харчовій промисловості, зобов'язане розробити власні заходи контролю [9]. Ці заходи контролю повинні бути дієві для підприємства, на якому вони будуть застосовуватися, бо формальний підхід не забезпечить ефективний захист продукту та не підвищить його безпеку для споживача. У зв'язку з цим навіть стандартні підходи, такі як облік скла і пластику, запис санітарної обробки обладнання, повинні бути адаптовані саме для окремо взятого виробничого процесу [8]

Багато заходів попередження небезпечних чинників переходять в операційну виробничу діяльність персоналу підприємства. Їх застосування на практиці полягає в тому, щоб уникнути небезпеки, яка може бути викликана навколишнім середовищем, наприклад, персоналом (рис. 5.2) або навколишнім середовищем, наприклад, питною водою (табл. 5.2).



Рис. 5.2. Приклад візуального менеджменту, як методу попередження реалізації фізичних небезпечних чинників на молокопереробному підприємстві

Джерело: розроблено автором

На рисунку 5.2 зображений один із способів попередження фізичного забруднення готового продукту молокопереробного підприємства за допомогою візуального менеджменту. Необхідно зауважити, що вказаний інформаційний бюлетень розміщений при виході з роздягалень персоналу, а також перед санітарним постом, тобто перед входом у санітарну зону виробництва. Не менш важливим аспектом вибору такого формату є його простота у поєднанні з максимальною інформативністю для персоналу – працівник може легко оцінити відповідність свого стану, вимогам випуску безпечного продукту, які втілені на фото. Такий підхід дозволяє забезпечити максимальну ефективність для безпеки готового продукту при мінімальних затратах на його реалізацію.

Ішим підходом до випуску безпечного продукту є аналіз компонентів, які контактують з ним. У таблиці 5.3 представлений так званий план лабораторного контролю води питної, яка поступає на харчове підприємство, та він покликаний забезпечити контроль небезпечних чинників хімічного генезу. Цей документ розробляється на основі нормативних вимог до готового продукту, методи контролю використовуються згідно вимог або підбираються спеціалістами підприємства для забезпечення необхідної точності отриманих даних. Обов'язковою вимогою дієвості цього документу є встановлення допустимих меж кожного показника. Така практика забезпечує попередження випуску небезпечного продукту, так як у разі перевищення одного з показників відбувається зупинка виробничого процесу або використовується додатковий етап очистки води.

Зрозуміло, що заходи контролю повинні бути відповідним чином узгоджені з іншими службами підприємства, тобто, дії у разі виявлення невідповідних значень показників є стандартними і описані у вигляді алгоритму дій [45]. Ще однією вимогою системи НАССР [9] є наявність підтвердження заходів контролю, впроваджених на підприємстві, саме у документі, вказаному у таблиці 5.3, присутній стовбець «Реєстраційний документ». Він слугує підтвердженням проведених досліджень, а також залучається як підтвердження дієвості системи у разі її верифікації.

Важливим аспектом ефективної роботи персоналу для попередження випуску неякісної продукції є комунікація. Так, оцінку отриманих результатів досліджень може здійснити лаборант. У такому випадку йому необхідно повідомити про дані аналізу персонал виробничої ділянки, який прийме рішення про здійснення

подальших дій щодо усунення невідповідності. Іншим шляхом є контроль результатів досліджень напівфабрикату, інгредієнту чи готового продукту персоналом дільниці, для якої він є кінцевим, що скоротить час передачі інформації, але потребуватиме формування умов для спільного доступу до документації лабораторії. Це відображено у стовбці «Відповідальний» за дослідження та аналіз даних.

Таблиця 5.2

Приклад заповнення реєстру заміни чи первинного впровадження об'єктів зі скла та пластику у виробничій зоні

Виробнича дільниця: Дільниця виготовлення сиру						
Дата заміни/першого встановлення	Заміна/перше встановлення	№ об'єкту	Назва об'єкту контролю	Матеріал об'єкту	Кількість, шт.	П.І.Б. особи, яка здійснила заміну/першого встановлення
1	2	3	4	5	6	7
11.11.2022	Перше встановлення	112	Захисне скло	Скло	1	Сеник Юрій
12.11.2022	Заміна	56	Черпак	Пластик	1	Сеник Юрій
13.11.2022	Заміна	139	Відро	Пластик	1	Сеник Юрій

Джерело: розроблено автором

Також для попередження потрапляння у продукт фізичних компонентів, що призвело б до небезпеки для споживача, є систематичний контроль цілісності скляних і пластикових виробів у виробничій зоні. Для підтвердження виконання цієї базової вимоги на кожному підприємстві формується перелік об'єктів для контролю (табл. 5.2).

Такий реєстр обов'язково містить порядковий номер, яким ідентифікується об'єкт аналізу та за яким здійснюється моніторинг його цілісності. Також у стовбець «Назва об'єкту контролю» необхідно лапідарно вписати назву об'єкту, а також, за потреби, місце його знаходження у виробничій зоні. Якщо загальна площа виробничої дільниці невелика, такої додаткової інформації не потрібно, якщо ж у дільниці знаходиться декілька фасувальних станків або декілька умовних зон виробництва, тоді запис про місце знаходження об'єкта контролю є доцільним. Окрім цього, важливе значення для ефективного моніторингу має матеріал, з якого виготовлений об'єкт контролю, а також їх кількість у виробничій зоні, що допоможе швидко провести верифікацію членам групи НАССР, а також працівникам, які не володіють достатнім практичним досвідом.

**Приклад плану лабораторного контролю води питної, яка поступає на підприємство
для попередження небезпечних чинників хімічного генезу**

Назва етапу, об'єкту, процесу виготовлення	Об'єкт контролю	№ ККТ чи ОПП	Точка відбору	Параметри, які контролюються	Нормативні показники (допустимі значення) параметра	Метод дослідження	Періодичність контролю	Реєстраційний документ	Відповідальний							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Вхідний контроль. Водопровід на вода	Вода питна	---		Запах, бали	≤ 2	ГОСТ 3351-74	1 раз на зміну		Лаборант							
				- при 20 С	≤ 2											
				- при 60 С												
				Забарвленість, градуси	≤ 20	ГОСТ 3351-74										
				Каламутність, НОК=0,58мг/дм ³	(1 ≤ 1	ГОСТ 3351-74										
				Смак та присмак, бали	≤ 2	ГОСТ 3351-74										
				Періодичний контроль фізико-хімічних показників питної води												
				Амоній, мг/дм ³	≤ 0,5					ДСТУ ISO 6778-2003	1 раз на зміну		Лаборант			
				Водневий показник (рН)	6,5-8,5					ГОСТ 4192-82						
				Перманганатна окиснюваність, мгО/дм ³	≤ 5,0					ДСТУ 4077-2001						
Сухий залишок, мг/дм ³	≤ 1000		ГОСТ 23268.12-78													
Загальний заліза, мг/дм ³	≤ 0,2		ГОСТ 18164-72													
Загальний алюмінію, мг/дм ³	≤ 0,2		ДСТУ ISO 6332:2003													
Електропровідність	≤ 100мкСм/с		ГОСТ 18165-2014													
	М		кондуктометр													

Джерело: розроблено автором

Окрім реєстру, з об'єктами контролю виробів зі скла та пластику у виробничій зоні повинна знаходитися і форма для запису результатів перевірки (табл. 5.4). У формі повинен знаходитися стовбець із фіксацією результатів контролю, враховуючи постійний процес контролю великої кількості об'єктів, запис повинен забирати невеликий час, саму тому, представлений у формі «+/-». Для розуміння якості здійснення контролю та його ефективності у запропоновану форму додано стовбці, які відображають необхідність заміни об'єкту та часу виконання цього процесу. Як зазначалося вище, контроль за цілісністю виробів зі скла і пластику є систематичною роботою, а періодичність цього процесу визначається членами групи НАССР, які можуть визначити її як – «один раз на зміну», якщо виробничий процес побудований з двох чи трьох змін або «на початку денної зміни».

Таблиця 5.4

Приклад заповнення форми для реєстрації результатів перевірки цілісності об'єктів зі скла і пластику у виробничій зоні

Виробнича дільниця: Дільниця виготовлення сиру				
Дата здійснення моніторингу	№ об'єкту	Стан об'єкту відповідний Так – «+» Ні – «-»	Заявка на заміну об'єкта	Особа, яка здійснила перевірку
1	2	3	4	5
13.11.2022	1-6	+	-	Сеник Юрій
13.11.2022	7-9	+	-	Сеник Юрій
13.11.2022	10-14	+	-	Сеник Юрій
13.11.2022	15-18	+	-	Сеник Юрій

Джерело: розроблено автором

Інші заходи контролю спрямовані на зменшення або усунення небезпечних чинників, пов'язаних з етапами технологічного процесу, наприклад, пастеризація молока або молочної суміші, для запобігання мікробіологічного чиннику. Зазвичай, ці стадії технологічного процесу відносять до КТК. Так, перевірка температури і часу пастеризації здійснюється декількома працівниками підприємства, а також цей процес є автоматизований, що передбачає основний аналіз з боку програмного забезпечення. Тим не менш, візуальний контроль процесу пастеризації здійснює оператор виробничого цеху за допомогою даних з температурного датчика пастеризаційної установки. Додатковий контроль здійснюють працівники хімічної лабораторії, які за допомогою якісного або

кількісного аналізу перевіряють ефективність пастеризації. На сьогоднішній день, впроваджено нормативні документи, які регламентують дослідження молока та молочних сумішей на ефективність пастеризації за допомогою перевірки активності нативних ензимів.

Принцип 2 – визначення критичних точок контролю (КТК) виробничого процесу. Вибір КТК вимагає від членів команди НАССР знань технології виготовлення готового продукту, а також досвіду виробництва, що дозволяє визначити елементи, які найчастіше давали збій або мають найсерйозніші наслідки для здоров'я споживачів [45, 55]. Визначена критична точка контролю потребує розробленої системи моніторингу потенційної небезпеки та ефективного алгоритму дій персоналу у разі виявлення порушення на цьому етапі виробництва.

Оцінку ризику та метод «дерево рішень» необхідно використовувати для кожної потенційної небезпеки впродовж всього виробничого процесу [15, 50]. Використання цих інструментів аналізу небезпечних чинників повинно бути виправданим, щоб уникнути виокремлення невиправданої кількості критичних точок контролю. Для цього необхідно здійснювати скрупульозну підготовку інформації про кожен етап виробництва і його можливий вплив на показники безпеки в готовому продукті [52]. Саме тому, до процесу аналізу потенційних небезпечних чинників та оцінки ризиків члени НАССР залучають експертів з різних галузей науки: токсикології, цифрових технологій, механіки та правових основ виробництва харчових продуктів.

Як зазначалося вище, для аналізу отриманої інформації та прийняття рішення про створення на певному етапі технологічного процесу критичної точки контролю група НАССР застосовує метод «дерево рішень». Цей метод побудований на основі постановки запитань, на які необхідно відповідати «Так» або «Ні», які забезпечать логічний ланцюг аналізу небезпечного чинника та дозволять прийняти рішення про необхідність формування КТК. Застосування цього алгоритму дозволить об'єктивно оцінити наявну інформацію та мінімізувати кількість КТК – не враховувати незначні для виробничого процесу чинники [52].

Вперше цей метод було описано в Codex Alimentarius [45, 47] і цей алгоритм можна застосовувати в незмінному вигляді або адаптувати до власних потреб. Найвідоміший і успішний приклад адаптації «дерева рішень» Codex Alimentarius [47] запропонувала

Європейська комісія (рис. 5.3). Цей алгоритм запитань було спрощено та скориговано для харчової промисловості [9].

Для перевірки на практиці цього підходу пропонуємо розглянути два приклади з технологічного процесу виготовлення сиру кисломолочного. Першим етапом виробництва цього продукту є резервування молочної сировини відповідної якості, а однією з вимог є відсутність речовин, які пригнічують розвиток мікроорганізмів – пероксиду водню, формальдегіду, антибіотиків. Саме тому, на етапі вхідного контролю молока-сировини проводиться його якісний аналіз на вміст антибактеріальних речовин імунно-ферментними та бактеріальними тест-системами. А для другого прикладу виберемо показник вологості в продукті після процесу відварювання молочної суміші.

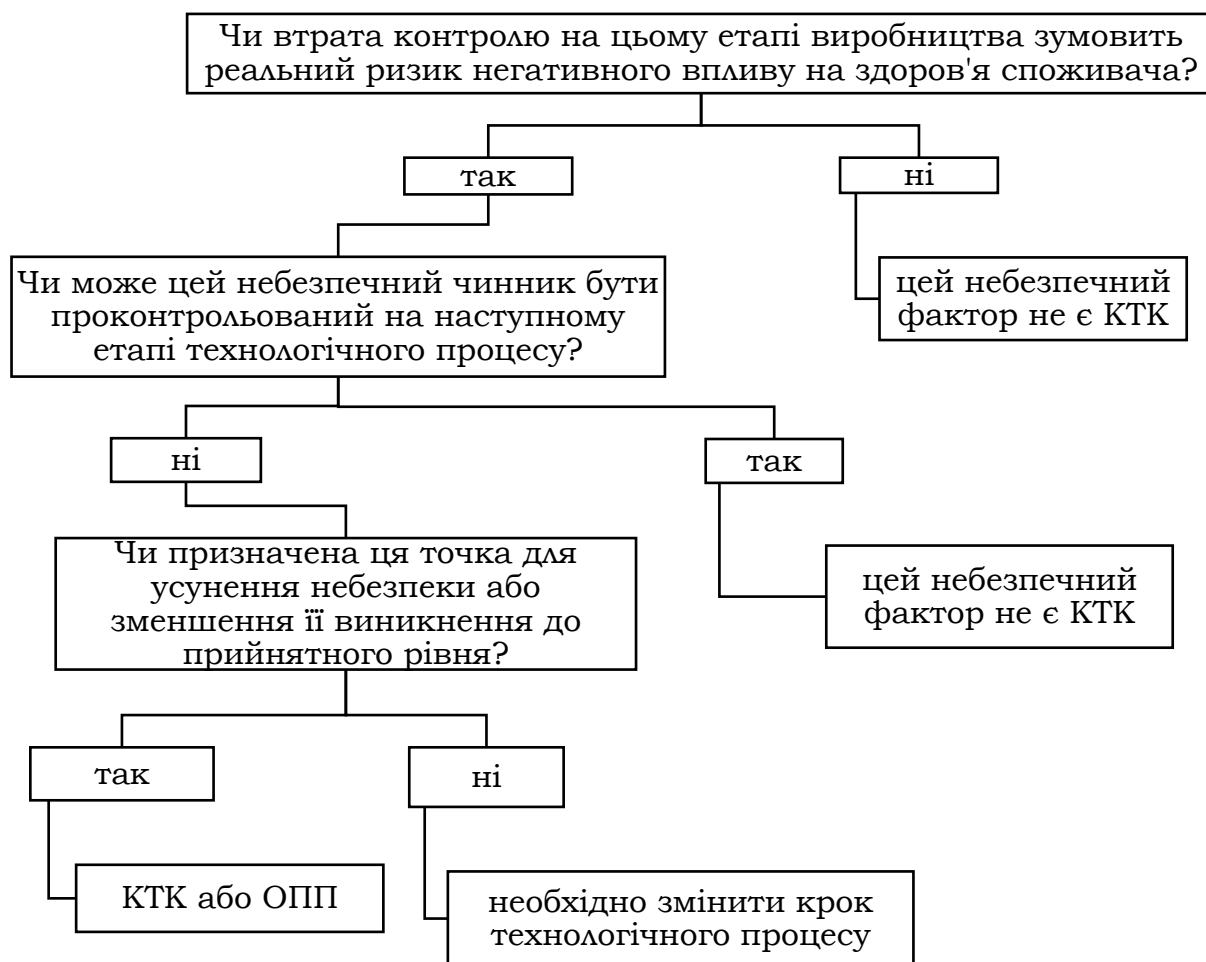


Рис. 5.3. Спрощений метод «дерево рішень» від Європейської комісії

Джерело: розроблено автором

Тепер проаналізуємо кожен з цих показників за допомогою «дерева рішень» і розпочнемо з наявності антибіотиків у молочній сировині:

1. Чи втрата контролю на цьому етапі виробництва зумовить реальний ризик негативного впливу на здоров'я споживача? – Наявність антибактеріальних речовин в харчовій продукції негативно впливає на людський організм у зв'язку з розвитком резистенції наявної мікрофлори до цих речовин. Окрім цього, речовини, які пригнічують розвиток мікроорганізмів, як мінімум, пролонгують процес сквашування молочної продукції, що негативно вплине на якість готового продукту. Таким чином, перевірка наявності цих речовин у молочній сировині обумовлена, в першу чергу, забезпеченням безпеки харчового продукту, а з іншого – забезпеченням дотримання технологічних вимог.

2. Чи може цей небезпечний чинник бути проконтрольований на наступному етапі технологічного процесу? – Дослідження наявності антибіотиків у готовому продукті, тобто в сирі кислomолочному, можливе, але для цього необхідно використати метод рідинної хроматографії, що, практично, для всіх виробничих лабораторій є недоступним. Якщо розглянути цей метод з фінансової точки зору, то він потребує значних капіталовкладень, тому його застосування для рутинних досліджень є недоцільним. Таким чином, відповідь на це запитання буде «ні».

3. Чи призначена ця точка для усунення небезпеки або зменшення її виникнення до прийняттого рівня? – Так, дослідження молочної сировини на присутність антибіотиків у кількості, яка перевищує ГДК, забезпечує усунення потенційного впливу цього небезпечного чинника на здоров'я споживачів. Саме тому для молокопереробних підприємств на етапі приймання молочної сировини її аналіз на вміст антибактеріальних речовин виділяють як критичну точку контролю.

Якщо ж розглянути другий показник готової продукції – вміст вологи, то вже на першому питанні члени групи НАССР отримають відповідь: «ні», так як відхилення цього показника від допустимих норм зумовить лише зміну в якісних характеристиках продукту – в органолептиці та візуальній складовій продукту. Окрім цього, завжди проводиться повторне дослідження масової частки вологи в розфасованому продукті, тому цей потенційний небезпечний чинник не може бути визначений як КТК чи ОПП.

Принцип 3. Встановлення критичних меж етапів виробництва, які дозволяють забезпечити безпечність кінцевого продукту. Будь які заходи, які розроблені для контролю КТК, повинні містити критичні межі отриманих даних, що дозволяють безпомилково відокремити допустимий стан виробничого процесу від технологічного процесу, який не здатний гарантувати безпечний кінцевий продукт [45]. Основною вимогою до такого поняття, як «критичні межі» є їх кількісне вираження, а також визначення конкретних значень показника, який вже не допустимий для системи. Додатковими вимогами є експериментальна доказовість цього значення та відповідність до обраного КТК.

Обраний метод контролю та визначені критичні межі повинні гарантувати, що КТК, стосовно якої вони обрані, будуть під контролем. Обрані параметри залежатимуть від технічного забезпечення виробничої лабораторії та вимог нормативного документу, згідно якого здійснюється виробництво продукту. Такими параметрами може бути, наприклад, температура пастеризації, температура продукту, активна кислотність, активність води, вміст харчових добавок, органолептичні або реологічні параметри продукту [33].

Як вказано вище, значення критичних меж можна знайти в нормативних документах – державних стандартах України (ДСТУ), нормативно-правових актах інших країн або технічних умовах, розроблених на основі власного виробничого досвіду. Наприклад, в ДСТУ 4399:2005 «Масло солодковершкове» вказано максимально допустимі рівні для певних політантів у готовому продукті. Передбачені у цьому документі параметри повинні бути дотримані у виробничому процесі, а всі дослідження на етапі вхідного контролю молочної сировини та готової продукції на постійній основі на підприємстві виробника або з узгодженою періодичністю в незалежній лабораторії «Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів» повинні забезпечити їх моніторинг.

Принцип 4. Розробка системи моніторингу КТК. Для належного впровадження процесу моніторингу контрольної точки контролю кожне підприємство розробляє відповідні документи – програми передумов. Ці програми моніторингу залежать від типу обладнання у технологічній лінії, тому для деяких КТК ці методи можуть бути стандартні. Незважаючи на те, що процес моніторингу може проводитися з певною періодичністю, група НАССР

повинна забезпечити достатнє інформування про небезпеку в конкретному ККТ та, відповідно, забезпечити безперервний процес його контролю. Якщо не можливо забезпечити постійний моніторинг показників в критичній точці, тоді періодичність вимірювань або спостережень визначають заздалегідь, враховуючи ряд факторів: забезпечення лабораторного обладнання для дослідження, ймовірності виникнення небезпеки в продукті, кількість виготовленого продукту для розуміння розміру вибірки.

У таблиці 5.5 наведено рівні деяких небезпечних речовин для готової продукції – масла солодковершкового.

Таблиця 5.5

Перелік окремих небезпечних речовин та їх допустимих кількостей у маслі солодковершковому, згідно ДСТУ 4399:2005

№ п/п	Назва небезпечних факторів	Допустимі межі
Токсичні елементи		
1	Свинець	≤0,1 мг/кг
2	Кадмій	≤0,03 мг/кг
3	Миш'як	≤0,1 мг/кг
4	Ртуть	≤0,3 мг/кг
5	Мідь	≤0,5 мг/кг
6	Цинк	≤5,0 мг/кг
7	Залізо	≤5,0 мг/кг
Мікотоксини		
1	Афлатоксин М1	0,00005 мг/кг
Пестициди		
1	Карбофос	Не допускається
2	Метафос	Не допускається
3	Хлорофос	Не допускається
4	Базудин	Не допускається
5	ГХЦГ (α-ізомер)	≤0,2 мг/кг
6	ГХЦГ (β-ізомер)	≤0,2 мг/кг
7	ГХЦГ (γ-ізомер)	≤0,2 мг/кг
8	Гексахлоран	≤1,25 мг/кг

Джерело: розроблено автором

Таким чином, метою моніторингу є демонстрація того факту, що КТК знаходиться під контролем, що виражається у тому факті відсутності перевищення критичних меж. Іншою причиною впровадження моніторингу як системи є забезпечення своєчасного інформування належні служби підприємства про можливу втрату контролю над КТК. Ця функція моніторингу є не менш важливою, так як лише при своєчасному інформуванні можна провести ефективні коригування та коригувальні дії [45].

Для забезпечення ефективності роботи системи моніторингу КТК, окрім розробки та впровадження шляхів отримання даних, необхідна періодична оцінка ефективності самого процесу моніторингу. Для реалізації цього процесу на підприємстві повинна бути призначена особа з відповідною кваліфікацією, яка має право оцінювати дані моніторингу. На основі отриманих первинних результатів ця особа повинна надати висновок про ефективність проведення аналізу та, за потреби, ініціювати відповідні дії для покращення процесу. У зв'язку з тим, що КТК є важливою для випуску безпечної продукції, записи моніторингу, які є доказом його виконання, повинні бути підписані як особою, яка здійснює моніторинг, так і особою, відповідальною за перегляд даних моніторингу. Необхідно зазначити, що у разі встановлення можливості втрати контролю над КТК, оскільки значення цього параметра небезпечно наближаються до критичного значення, ініційовані зміни повинні бути втілені одразу та перевірено їхню ефективність.

В плані НАССР працівники цієї групи повинні описати методи моніторингу визначених параметрів КТК, частоту проведення заходів для їх моніторингу, зазначити форму для реєстрації даних моніторингу системи, визначити особу, яка здійснюватиме заходи моніторингу системи, а також у якій формі подаватимуться зміни моніторингу показників контрольної точки та здійснюватиметься перевірка їхньої ефективності [45].

Принцип 5. Розробка коригувальних дій для забезпечення ефективного моніторингу КТК. Коригуюча дія – це дія з усунення причини невідповідності. Необхідно встановити коригувальні дії для кожної КТК які слід вжити, якщо критичне значення перевищено [45] .

Коригувальні дії включають в себе визначення:

- виконавців коригувальних дій;
- алгоритму дій для усунення виявленої невідповідності;
- плану дій усунення, за можливості, виготовленого браку, у разі не можливості цього, продукт повинен бути утилізований;
- реєстрацію в повному обсязі даних проведення коригуючих дій.

Принцип 6. Розробка та впровадження процедур верифікації для підтвердження дієвості системи НАССР. Окрім розробки процедур системи НАССР та їх впровадження у роботу підприємства, члени групи повинні сформулювати чіткий алгоритм оцінки ефек-

тивності їх функціонування. Підхід до проведення перевірки дієвості системи повинен бути єдиним, тим не менш, особі, яка проводить перевірку, необхідно враховувати особливості кожного технологічного етапу виробництва. Врахування таких нюансів забезпечить об'єктивну оцінку системи та забезпечить її поступ. Таким процесом є «верифікація» системи – підтвердження дотримання правил, прийнятих у компанії [12, 42].

На сьогоднішній день, використовується ряд методів для перевірки системи НАССР [33]:

- проведення досліджень рандомної вибірки готової продукції;
- зменшення періоду між перевірками КТК;
- впровадження додаткового контролю та проміжного аналізу готової продукції та напівфабрикатів;
- оцінка поточного стану під час зберігання, транспортування або реалізації продукції.

У своїх працях автори [37, 52] виділяють такі шляхи реалізації перерахованих вище методів:

1. проведення аудитів;
2. перевірка записів працівників виробничих дільниць та лабораторії;
3. перевірка відповідності виконання процесів, затверджених в нормативних документах системи НАССР;
4. перевірка вимог контролю КТК:
 - підтвердження ведення моніторингу в КТК;
 - перевірка здійснення моніторингу за відповідністю контролю-вимірювального обладнання;
5. перевірка знань працівників щодо вимог системи НАССР;
6. аналіз ситуацій перевищення меж критичної точки контролю;
7. аналіз впроваджених коригувальних дій попередньо виявлених невідповідностей на виробництві.

Періодичність перевірки ефективності системи НАССР визначається рядом факторів, пов'язаних із специфікою виробничого процесу оператора харчового ринку [45]:

1. *асортимент готової продукції* – від кількості позицій в асортиментному ряді підприємства та його різноманіття залежатиме періодичність моніторингу, так як чим більше технологічних етапів застосовується на виробництві, тим більший об'єм інформації повинен бути підданий аналізу, тому частота контролю буде вища.

2. *характер переробки сировини* аналогічно впливатиме на періодичність контролю системи, адже чим менше технологічних операцій проходить вхідна сировина, тим більший час між двома аналізами ефективності роботи системи.

3. *ступінь автоматизації технологічного процесу* має один з визначальних впливів на періодичність контролю та його характер, адже, забезпечення автоматизації системи дозволяє швидко проаналізувати наявні звіти та зробити висновок про її дієвість. Натомість, велика кількість ручної праці оператора у виробничому процесі зумовлює необхідність зменшення періоду між перевірками та аналіз, в першу чергу, наявних знань в працівника щодо випуску безпечної продукції, а надалі вже технологічного обладнання.

4. *кількість працівників і спосіб виконання покладених на них завдань* має прямий вплив на періодичність контролю та його характер, так як, залучення незначної кількості співробітників до виробничого процесу та їх стабільний склад дозволить швидко провести контроль відповідності системи. Натомість, великий штат працівників та їх постійна ротація передбачатиме «квантування» виробничого процесу, відповідно, перевірка ефективності роботи системи проводитиметься у декілька етапів. Іншим визначальним елементом є обов'язки персоналу, якщо працівник не має безпосереднього впливу чи контролю за КТК або ОПП необхідність періодичності контролю може бути збільшена. Натомість, якщо у посадові обов'язки входить контроль цих точок технологічного процесу, то частота перевірки дієвості системи та розуміння вимог НАССР буде вищою.

5. *кількість КТК та частота перевищення критичних меж* також визначатиме періодичність контролю дієвості системи. Кожна критична точка контролю повинна бути проаналізована, тому чим більше їх визначено у технологічному процесі, тим більша кількість перевірок їх дієвості проводитиметься. Іншим визначальним фактором є частота перевищення критичних меж КТК – якщо для однієї точки контролю систематично спостерігається перевищення допустимих меж, то цей етап виробничого процесу піддаватиметься контролю частіше, у порівнянні з іншими. Окрім цього, членами групи НАССР буде проведено перевірку відповідності встановлених критичних меж, які можуть бути занадто вузькими, а при їх розширенні контроль над процесом не буде втрачено, а готовий продукт відповідатиме вимогам безпеки і якості.

Для забезпечення неупередженості в процесі перевірки виробничого процесу її повинна здійснювати особа, яка не залучена, згідно її посадових обов'язків, до здійснення діяльності в цьому напрямку. Якщо періодичний контроль системи не може бути здійснений членами групи НАССР із додатковим залученням спеціалістів компанії, тоді такий моніторинг повинен бути здійснений зовнішніми організаціями.

Принцип. 7. Впровадження системи документації всіх розроблених процедур та результатів моніторингу. Документація FSMS («Food Safety Management System») передбачає дві основних категорії:

- перша категорія передбачає документацію, яка регламентує випуск безпечного продукту – технічні умови, нормативно-правові акти, регламенти санітарної обробки, внутрішні накази та розпорядження, які відносяться до випуску продукції, процедури та плани групи НАССР.

- друга категорія документів – це записи операційної діяльності працівників виробництва і лабораторії, що підтверджують виконання запланованих робіт: протоколи роботи устаткування, протоколи реєстрації періодичності контролю показів датчиків, результати лабораторного контролю готової продукції, опис виконаних коригуючих дій, результати оцінки системи НАССР.

Достовірність записів є невід'ємним елементом ефективного функціонування системи НАССР та контролю виробничого процесу загалом. Це пов'язано з тим, що на їх основі приймають рішення щодо діяльності в рамках системи НАССР. Також необхідно пам'ятати, що аналіз цієї документації проводять не лише члени групи НАССР, а й зовнішні компетентні органи, які можуть оцінювати функціонування системи в рамках її сертифікації або при відповідності роботи виробничого процесу в рамках державного контролю діяльності оператора ринку.

Окрім того, що наявна документація на підприємстві повинна слугувати доказом дієвості системи, вона повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечити прослідковуваність виготовлення продукту впродовж всього технологічного процесу. При цьому форми записів повинні бути простими та легко піддаватися аналізу як зі сторони працівників підприємства, так і зовнішніх контролюючих органів. Документи та записи повинні відповідати типу виробничого процесу, який реалізує компанія, розміру підприємства, складності технологічного обладнання. Підприємство

може використовувати довідники, характерні для галузі виробництва, як частину документації системи НАССР, якщо вони фактично відображають конкретну діяльність компанії. Додатковою вимогою системи НАССР є зберігання документації впродовж визначеного періоду часу після закінчення терміну придатності продукту [11].

Згідно «Рекомендацій Комісії щодо FSMS від 2016» [9] виділено такі типи документації:

- опис харчової продукції;
- опис виробничого процесу;
- операційні процедури;
- робочі інструкції;
- аналіз небезпечних чинників;
- описи заходів контролю небезпечних чинників;
- ідентифікація КТК;
- критичні межі виробничих процесів;
- опис діяльності щодо валідації;
- опис моніторингу КТК;
- опис моніторингу системи НАССР;
- формування коригувальних дій;
- форми записів, які використовуються на підприємстві;
- документація щодо змін або актуалізації документації системи НАССР;
- супровідні документи для забезпечення прослідковувальності виробництва продукції.

Аналіз технологічного процесу на основі контролю небезпечних чинників можна розділити на три умовних групи:

1. *Група технологічних процесів для зниження або нівелювання небезпечних чинників* – це процес виробництва готового продукту, який забезпечує безпеку харчового продукту через безпосередній на нього вплив. Для прикладу можна розглянути етап усунення механічних домішок та вплив температурного фактору на готовий продукт.

Усунення фізичних небезпечних чинників. Усунення механічних домішок на первинному етапі приймання сировини важливе не лише для забезпечення безпеки кінцевого продукту, а й для попередження поломки технологічного обладнання. Однак слід пам'ятати, що усунення механічних домішок на початковому етапі технологічного процесу не гарантує повного захисту кінцевого

продукту від цього виду небезпеки, бо потрапляння сторонніх предметів у кінцевий продукт можливе і на подальших стадіях техпроцесу. Саме для цього на різних етапах виробництва проводиться процес фільтрування сировини чи продукту, якщо це рідка фаза, або просіювання, якщо це сипучі продукти; застосовуються металодетектори для попередження попадання металевих домішок; як передові технології можуть бути використані прилади на основі рентгенівського випромінювання [52].

Прикладами таких етапів на виробництві молочних продуктів є усунення механічних домішок на етапі приймання молочної сировини, при цьому застосовується два види фільтрів (фільтри «грубої» і «тонкої» очистки) з різним діаметром отворів сит. Наступним елементом технологічного процесу, на якому відбувається очистка молочної суміші, є технологічне обладнання, яке здійснює пастеризацію та гомогенізацію. Останнім таким елементом є фасувальне устаткування, яке на кожному дозаторі містить сита.

Також для виробництва інших кисломолочних продуктів (йогуртів) використовується цукор білий кристалічний, який також може містити механічні нерозчинні домішки. Для перевірки якості цього продукту проводиться вхідний контроль на вміст металевих частинок, а також безпосередньо перед використанням цей інгредієнт просіюється через металодетектор. Іншим типом усунення фізичних небезпечних чинників є фільтрування водних розчинів застосовуваних інгредієнтів. Такий принцип перевірки одного з інгредієнтів (солі кухонної) застосовується при виготовленні айрану. Щодо інших інгредієнтів, то будь-які запаковані сухі компоненти слід перевірити на наявність сторонніх предметів шляхом їх переміщення у спеціальну тару для транспортування. Візуальний контроль працівниками виробничої дільниці забезпечить додаткову точку аналізу, що підвищить ефективність системи щодо забезпечення безпеки готової продукції [52].

2. *Група технологічних процесів контролю небезпечних чинників та збереження їх на тому ж рівні.* До цієї групи технологічних процесів можна віднести етап приймання сировини та інших інгредієнтів. Окремі види сировини та інгредієнтів вимагають певних умов для зберігання і транспортування, наприклад, молоко незбиране потребує низької температури від 2^oC до 10^oC [1, 49]. Це пояснюється пригніченням процесу розмноження присутніх мікроорганізмів, що забезпечить не погіршення якості сировини.

При вхідному контролі молочна сировина аналізується за мікробіологічними показниками: загальною кількістю мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ за температури 30°C) та кількістю соматичних клітин. Відповідно до кількісних значень цих показників визначається гатунок молочної сировини, який передбачатиме напрямок подальшої переробки цього молока (табл. 5.6).

Окрім мікробіологічних показників молочна сировина досліджується на вміст антибіотиків, про що вже зазначалося вище. Таким чином, саме вміст цих речовин у молочній сировині виступає як критична точка контролю, бо молоко може бути додатково очищене перед подачею на виробництво від мікроорганізмів та соматичних клітин за допомогою бактофуги, а вміст антибактеріальних речовин не може бути змінений.

Таблиця 5.6

Вміст мікроорганізмів та соматичних клітин у молоці для кожного гатунку молока коров'ячого

Показник	Норма для гатунку		
	Екстра	Вищий	Перший
загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ за температури 30°C), тис. КУО/см ³	≤100	≤300	≤500
кількість соматичних клітин, тис/см ³	≤400	≤400	≤500

Джерело: [1]

3. Група технологічних процесів, які підвищують рівень небезпеки для готового продукту. До такої групи технологічних процесів відноситься етап пакування готової продукції, на якому можливе попадання механічних включень з пакувального матеріалу. Іншим можливим способом збільшення небезпеки для готового продукту є не герметичне пакування продукту. Зазвичай цей етап технологічного процесу вибирають як КТК чи ОПП.

5.2. Впровадження системи НАССР

Існує ряд підходів до впровадження системи НАССР, які залежать від виробничого процесу на підприємстві та регіону розміщення компанії. Іноді через складність виробничого процесу простіше розробити різні плани НАССР – впроваджені КТК та розроблені для їх управління заходи. У разі впровадження такого шляху розробки системи важливо забезпечити належний зв'язок між різними планами НАССР, що забезпечить регульовану систему. Також важливо, щоб впроваджена система охоплювала також і алгоритм виправлення браку та можливої пост-технологічної обробки продукту [34].

Один з найефективніших шляхів впровадження НАССР складається з 12 кроків:

Крок 1 – формування крос-функціональної команди. Як і для побудови будь-якої іншої системи, яка є дотичною до багатьох аспектів виробництва продукту, безпека харчових продуктів передбачає необхідність формування команди експертів з різних галузей науки та максимально відмінним досвідом у технологічному процесі. Зрозуміло, що склад групи експертів для побудови системи НАССР визначатиметься глибиною аналізу технології виготовлення готового продукту – у разі врахування хімічних небезпечних чинник обов'язковою умовою є залучення кваліфікованого хіміка, якщо ж розглядатимуться мікробіологічні аспекти виробництва, то без консультації бактеріолога не обійтись. Саме тому склад групи НАССР не є стандартизований, а може змінюватися у залежності від конкретного виробництва та етапу його аналізу.

Наявний досвід роботи на цьому виробництві окремо взятого члена групи НАССР є важливим, тим не менш не визначальним фактором, адже лише командна робота і набуті емпіричні знання у спільній роботі дозволять максимально ефективно забезпечити проведення дослідження НАССР та отримання якісних і точних результатів. На жаль, найчастіше трапляється зворотна ситуація – після призначення керівника групи, так званого «координатора», вся робота перекладається на нього, а інші члени групи зайняті операційною діяльністю та не приділяють достатньої уваги системності впроваджених змін. Керівник групи НАССР несе відповідальність за розробку та підтримку досліджень НАССР та забезпечує співпрацю і комунікацію з членами команди. Також коорди-

натор групи розподіляє завдання між членами групи НАССР, що дозволяє отримати оперативну та достовірну відповідь та сформувати на її основі подальші дії щодо покращення дієвості системи. Спільно керівник групи та інші члени групи НАССР приймають рішення щодо обсягу необхідних досліджень та напрямків розвитку системи. Як згадувалося вище, це полягає у вирішенні, які типи небезпек (мікробіологічні, хімічні, фізичні) і яку частину харчового ланцюга охоплюватиме дослідження. Для прикладу можна почати з одного небезпечного чинника – сальмонели (*Salmonella enterica*), проаналізувавши всі шляхи контамінації та розробивши всі необхідні заходи для попередження цього небезпечного чинника, члени групи НАССР можуть переходити до іншого чинника, маючи вже стандарт алгоритму дій.

Крок 2 – Опис продукту. Наступним кроком є формування лаконічного опису кожного продукту, який випускає підприємство. При цьому, до загального опису продукту, окрім технологічного процесу та вимог до безпеки і якості кінцевого продукту повинні бути включені: умови зберігання готового продукту, способи споживання, способи реалізації, метод збуту, умови транспортування, тощо. Кількість розділів в описі готового продукту та надана інформація визначається групою НАССР та визначається специфікою кінцевого продукту, способом виробництва та можливими напрямками використання цього опису, наприклад, як взірець опису продукту для експортування. Таким чином, чим глибше зроблено такий опис, тим менший ризик не помітити фактор, який може вплинути на безпеку готового продукту. Приклад інформації, яка може бути включена в опис продукту представлено в таблиці 5.6, для аналізу взято масло солодковершкове.

Таблиця 5.6

Приклад опису продукту для системи НАССР

1. Загальна інформація про продукт	
Назва продукту	1. Масло солодковершкове екстра 82% жиру ДСТУ 4399; 2. Масло солодковершкове селянське 72,5% жиру ДСТУ 4399
Нормативний документ, згідно якого виготовлено продукт	ДСТУ 4399 Масло вершкове. Технічні умови
Склад продукту	Вершки з коров'ячого молока
Спосіб виробництва	Перетворення високожирних вершків
Вид обробки	Сепарування вершків і теплова обробка – пастеризація

Продовження таблиці 5.6

Спосіб споживання	Продукт готовий до споживання без жодної додаткової обробки за умови відповідності умов зберігання впродовж терміну його придатності. Можливі обмеження у споживанні особами, що мають протипоказання до молочних продуктів та алергенів, які можуть бути присутні в продукті.
Спожиткове пакування	Фольга, придатна для зберігання харчових продуктів
Умови і термін зберігання продукту	Зберігати за відносної вологості повітря не більше ніж 80%. Строки придатності до споживання за температури не більше ніж: від 0°C до мінус 5°C включно – 91 доба; від мінус 6°C до мінус 11°C включно – 274 доби; від мінус 12°C до мінус 18°C включно – 365 діб.
Транспортування	Транспортування здійснюється за температури від -18°C до +5°C включно Продукт транспортують згідно правил перевезень швидкопсувних вантажів відповідним видом транспорту.
2. Органолептичні показники продукту	
Смак і запах	Чистий, добре виражений вершковий з присмаком пастеризації.
Консистенція та зовнішній вигляд	Однорідна, пластична, щільна, поверхня на розрізі блискуча, суха.
Колір	Від світло-жовтого до жовтого, однорідний за всією масою.
3. Фізико-хімічні показники	
Масова частка жиру, %	82,0
Кислотність плазми, °Т	Не більше ніж 23
Кислотність жирової фази, °К	Не більше 2,5
Температура під час випуску з підприємства, °С, не вище	10
4. Мікробіологічні показники	
Кількість мезофільних, аеробних та факультативно – анаеробних мікроорганізмів, не більше ніж, КУО/г	1,0x10 ⁵
Бактерій групи кишкової палички (коліформи), в 0,01 г продукту	не дозволено
Кількість пліснявих грибів, КУО в 1,0 г та Кількість дріжджів, КУО в 1,0 г не більше	100 в сумі
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella, в 25 г продукту	не дозволено
Listeria monocytogenes, в 25 г продукту	не дозволено
Staphylococcus aureus, в 1,0 г продукту	не дозволено

5. Показники безпеки	
5.1 Вміст токсичних елементів	
Масова доля свинцю, мг/кг	не більше 0,1
Масова доля кадмію, мг/кг	не більше 0,03
Масова доля цинку, мг/кг	не більше 5,0
Масова доля міді, мг/кг	не більше 0,5
Масова доля заліза, мг/кг	не більше 5,0
Масова доля арсену, мг/кг	не більше 0,1
Масова доля ртуті, мг/кг	не більше 0,03
5.2 Вміст антибіотиків	
Пеніцилін, мг/кг	<0,01 мг/л/кг
Стрептоміцин, мг/кг	<0,5 мг/л/кг
Тетрациклін, мг/кг	<0,01 мг/л/кг
5.3 Вміст мікотоксинів	
Афлотоксин В1, мг/кг	<0,1
Афлотоксин М1, мг/кг	<0,05
5.4 Вміст радіонуклідів	
Cs - 137, Бк/кг	не більше 100
Sr - 90, Бк/кг	не більше 20
5.5 Вміст пестицидів	
ГХЦГ (гамма-ізомер), мг/кг, не більше	0,1
Метафос, мг/кг	не допускається
Хлорофос, мг/кг	не допускається
Базудин, мг/кг	не допускається

Джерело: розроблено автором

Одним з найчастіших недоліків таких описів є те, що вони недостатньо деталізовані, для розширеного аналізу всіх небезпечних чинників виробничого процесу. Через відсутність повного опису, наприклад, хімічних небезпечних чинників для продукту, розроблені плани НАССР не забезпечують повне гарантування безпечності харчового продукту для споживача, а при актуалізації сформованих програм ці прогалини в інформації можуть бути виявлені і внесенні додаткові зміни або ж проігноровані.

Аналогічно, етапи після виробництва, тобто безпеки, які можуть виникнути під час транспортування, реалізації в торгівлі та, що особливо важливо, під час приготування страв споживачами, часто пропускаються під час деяких досліджень НАССР. Для певних видів продукції такі фактори, як умови зберігання продукту під час реалізації в роздрібній торгівлі або споживачем після порушення герметичності пакування, потенційне неправильне поводження з продуктом, можуть мати вирішальне значення для проектування безпеки, включаючи необхідність надання інформації про безпечне використання продукту.

Крок 3 – Визначення цільового використання продукту. Для забезпечення цього кроку необхідно проаналізувати ринки збуту,

споживачів та попит на готовий продукт. На основі цієї інформації необхідно здійснити передбачення можливого використання споживачами готового продукту: споживання у первинному вигляді, використання як основний чи додатковий інгредієнт страв, можлива механічна або термічна обробка продукту, тощо.

Приклади інформації, яку необхідно враховувати:

- Яке цільове використання (роздрібна торгівля для дому, харчування, подальше виробництво)?
- Які процедури підготовки потрібні споживачу/замовнику?
- Яка ймовірність неправильного поводження?
- Хто є цільовими споживачами (вік, стан здоров'я)?

Наведена вище інформація важлива для забезпечення необхідного рівня безпеки продукту згідно вимог законодавства країни експортера або потреб цільового клієнта харчового продукту. Така клієнт-орієнтована оцінка можливих небезпек для готового продукту забезпечить не лише безпеку та якість готового продукту, а й дозволить використати цей факт, як маркетинговий хід для залучення потенційних покупців.

Наприклад, якщо компанія розглядає можливість експортувати власну молочну продукцію в іншу країну, необхідно зрозуміти, які продукти з цієї категорії є найбільш прибутковими на цій території, які традиційні продукти притаманні для цього народу та які органолептичні характеристики продуктів очікують споживачі. Таким чином, підприємство може дійти висновку про те, що йому необхідно виготовляти безлактозні продукти для експорту, так як рівень захворювання на гіполактазію серед населення є досить високим. Аналогічно, якщо компанія вирішила виготовляти продукцію для дітей, кожна вікова група вимагає свого рівня безпеки і якості готового продукту, а тому компанія повинна зрозуміти власні технологічні потужності для її реалізації та відповідальність персоналу під час виготовлення кінцевого продукту.

На основі визначеної цільової групи споживачів та способів споживання чи подальшої переробки продукту формуватиметься інформація та інструкції, які будуть розміщені на упаковці. Для певних видів продуктів це вкрай важливо, оскільки являються додатковими заходами контролю безпеки для споживача, наприклад, після відкриття продукту зберігати при температурі не вище +6°C, додаткова інформація про можливу наявність алергенів – глютену для йогуртів зі злаками, горіхів, тощо. Багато виробників продукції нехтують нанесенням на упаковку власної продукції

додаткової інформації про небезпеку споживання продукту у сирому вигляді чи допустимий час зберігання продукту після його відкривання. Така необачність може обернутися для таких компаній значними фінансовими та репутаційними втратами. Наприклад, у 2009 році в США було зареєстровано близько 70 випадків харчових отруєнь, пов'язаних з тістом для печива. Під час аналізу цієї ситуації було встановлено, що потерпілі перед початком випічки пробували тісто на смак. Після виявлення цієї незначної деталі компанія-виробник змінила інструкцію на упаковці та внесла цей ризик до своєї системи НАССР [34].

Крок 4 – Побудова блок-схеми процесу виробництва. Блок-схема повинна охоплювати всі основні етапи технологічного процесу виробництва готового продукту. Окрім цього, на ній повинні бути показані точки підвищеної небезпеки, а також точки критичного контролю. Побудова блок-схеми є складним процесом, так як передбачає короткий опис всього харчового ланцюга, включаючи приймання сировини, виготовлення, зберігання і транспортування готового продукту. При цьому необхідно вказати, за можливості, важливі технологічні параметри, а також точки контролю якості та безпеки на всьому технологічному процесі (рис. 5.4).

Блок-схема повинна відображати дійсний процес виробництва продукту на підприємстві, не дотримання цієї вимоги не дозволить здійснити дослідження НАССР на необхідному рівні, що зумовить отримання не повної інформації, на основі якої буде прийнято неправильні рішення, як в сфері безпеки, так і виробничого процесу. Саме тому усі технічні дані, такі як температура, час, рН тощо, слід, наскільки це можливо, зазначати на технологічній схемі, що дозволить вкрай швидко не лише аудитору, а й, в першу чергу, працівникам оперативно перевірити відповідність технологічного процесу. Таким чином, сформована блок-схема дозволить оперативно здійснити огляд виробничих операцій та ідентифікувати будь-які можливі ризики, пов'язані з виготовленням чи зберіганням продукту.

Не менш важливим для повного опису потенційних небезпечних чинників є аналіз циркуляції води, повітря та рух працівників по виробничих зонах, так званий план зонування підприємства. У цьому контексті слід також враховувати всі будівельні або реконструкційні заходи, оскільки вони можуть призвести до забруднення виробничого середовища як механічними домішками, так і патогенною мікрофлорою.



Рис. 5.4. Приклад блок-схеми виробництва масла солодковершкового

Джерело: розроблено автором

Крок 5 – Підтвердження блок-схеми на місці. Цей крок у розробці плану НАССР має на меті перевірити відповідність сформованої блок-схеми наявному на підприємстві виробничому процесу та засвідчити той факт, що жодне важливе значення технологічного процесу не залишилося за межами моніторингу працівників дільниці чи виробничої лабораторії. Дуже часто цим кроком нехтують, вважаючи його непотрібним через особистісне упередження деяких членів групи НАССР, тим не менш, ретельна перевірка технологічної

схеми на місці разом із моніторингом санітарного стану дільниці є основою для оцінки ризиків виробництва.

На основі цих даних відбувається контроль техпроцесу і наявності у повному об'ємі всіх необхідних показників. Такий контроль здійснюється на трьох основних етапах виробничого процесу:

- під час виробничого процесу – перевірка оперативності внесення даних та їх відповідності;
- під час санітарної обробки – перевірка якості проведення санітарної обробки виробничих об'єктів та відповідності наявної ситуації внесеним показникам;
- під час простою обладнання – перевірка дотримання допустимих часових рамок простою обладнання між виробничими етапами для забезпечення безпеки готового продукту.

Не менш важливим для оцінки відповідності блок-схеми є спілкування з операторами виробничої дільниці. Вони працюють онлайн з виробничим обладнанням та можуть надати важливу інформацію про його роботу, яку, не виявляли працівники служби з обслуговування обладнання під час техогляду. Таким чином, перевірка блок-схеми на місці виробництва продукту є додатковою можливістю для членів групи НАССР розширити своє розуміння ролі різних операційних підрозділів і способів роботи обладнання, оскільки це уявлення важливе для оцінки ризиків для готового продукту.

Крок 6 – Аналіз ризиків. Аналіз ризиків для готового продукту визначається як процес збору та інтерпретації інформації про небезпеки та умови, що призводять до їх наявності. Наступним кроком є їх ранжування по рівню значимості та ймовірності реалізації, при цьому ризики, які відносяться до «високого» рангу, повинні бути враховані у плані НАССР. На практиці це полягає у переліку всіх потенційних небезпек, пов'язаних з кожним етапом роботи (від сировини до використання продукту споживачем), та в оцінці їх значущості, тобто врахування ймовірності їх виникнення та наслідків для здоров'я.

Першочергово необхідно членам групи НАССР проаналізувати минулі записи про безпеку відповідного продукту, особливу увагу приділити даним при виявленні:

- контамінації патогенною мікрофлорою готового продукту;
- випадків не відповідності записів фактичним даним виробничого процесу;
- елементів біотероризму серед працівників компанії;
- проаналізувати першопричини цих інцидентів та впроваджених коригувальних дій;
- систему безпечності на той час.

Як вже зазначалося вище, на сьогоднішній день традиційно виділяють три основних групи небезпечних чинників – «біологічні», «хімічні» і «фізичні», тим не менш, все частіше з'являється ще один – стан харчових продуктів («condition of food»), який може спричинити негативний вплив на стан здоров'я споживача. Термін «стан» («condition») також включає в себе різні характеристики готового продукту, такі як: консистенція і форма, які можуть зумовити асфіксію у споживача через перекриття верхніх дихальних шляхів; поживний склад готового продукту, який через не збалансованість складу макро- і мікронутрієнтів може негативно позначитися на здоров'ї споживача, особливо це важливо для дитячих сумішей та кормів для домашніх тварин; під цей термін також підпадає не цільове використання харчового продукту, оскільки деякі продукти можуть не підходити для певної групи споживачів, про що вже зазначалося раніше в тексті [55].

Таким чином, членам групи НАССР необхідно визначити всі потенційні небезпеки, пов'язані з усіма етапами технологічного процесу, а також у процесі зберігання, транспортування, реалізації продукції в торгівлі, закінчуючи етапом споживання чи подальшої переробки продукту споживачем. На кожному з цих етапів також необхідно розробити заходи їхнього контролю, при цьому необхідно розуміти, що для деяких небезпечних чинників необхідно декілька точок контролю, тим не менш, необхідно розуміти, що надлишковий контроль виробничого процесу є втратами для підприємства. Приймаючи рішення про заходи контролю, дуже важливо розуміти фактори та параметри, які характеризують заходи контролю та їх відповідність особливостям небезпечних факторів, наприклад, умов розвитку, розмноження та патогенезу мікрофлори, характерної для цього харчового продукту.

Дуже часто небезпечні чинники описуються в загальних рисах, наприклад, «біологічний» або «мікробіологічна небезпека», при цьому доречно вказувати точну назву мікроорганізмів – кишкова паличка (*E. coli*) чи золотистий стафілокок (*S. aureus*). Хоча в деяких випадках використання загальної назви групи небезпечних чинників може бути практичним, він не дозволяє в повній мірі оцінити його вплив на продукт, а щодо мікробіологічної небезпеки, то такі прогалини можуть нести небезпеку для здоров'я споживача. Особлива увага до «біологічних» чинників пов'язана з тим, що мікроорганізми відрізняються за оптимальними умовами розвитку, стійкості до температурного впливу, що,

відповідно, зумовить формування різних способів боротьби з ними. Наприклад, умови розвитку та заходи боротьби з *S. aureus* значно відрізняються від сальмонели або попередження вірусних захворювань різної етіології. Таким чином, якщо організми не мають схожі умови розвитку, наскільки це можливо, їх слід розглядати окремо, бо заходи для боротьби з ними будуть різні. Аналогічно, хімічні або фізичні небезпечні чинники повинні бути погруповані, щоб можна було визначити допустимі межі, методи їх контролю та шляхи усунення у разі перевищення ГДК.

Ключовим питанням в аналізі небезпечних чинників залишається встановлення потенційної небезпеки та її значимості для споживача, а отже, чи необхідно її враховувати у плані НАССР. Адже при аналізі усіх небезпечних чинників, пов'язаних із сировиною чи технологічним процесом, важко встановити межу для реальної загрози для здоров'я та необхідності розробки методів суворого контролю згідно з планом НАССР. Кінцевий результат оцінки ризиків залежить від багатьох факторів, серед яких, чільне місце посідає якість сировини, інгредієнтів та пакувальних матеріалів, тобто рівень їхньої безпеки, пов'язаний із санітарією та умовами їхнього резервування; наявна технологічна лінія виробництва готового продукту, яка передбачає можливість усунення або зниження до прийняттого рівня небезпечний чинник; наявність технічного обладнання або лабораторних способів контролю параметрів техпроцесу та концентрації небезпечного фактору; забезпечення умов зберігання і транспортування продукції відповідно до необхідних умов. Наприклад, умовно-патогенні мікроорганізми, такі як *Cronobacter sakazakii*, становлять загрозу, в основному, для новонароджених, людей похилого віку або для людей з низьким рівнем імунітету, але не для здорових дорослих. Таким чином, цей мікроорганізм може становити значну небезпеку при дослідженні НАССР дитячих сумішей, а не харчових продуктів для споживачів інших вікових категорій. Саме з цієї причини під час аналізу небезпечних чинників, окрім ідентифікації потенційних небезпек, необхідно здійснювати аналіз умов, в яких харчові продукти або його інгредієнти виробляються та піддаються подальшій переробці, так звана стратегія «від ферми до виделки» («from farm to fork»); також необхідно забезпечити дотримання належної гігієнічної практики по всьому харчовому ланцюгу.

На етапі аналізу небезпечних чинників кожен фактор повинен бути оцінений як значущий або незначущий. В загальному, ризик

можна розглядати як математичну функцію ймовірності настання негативного впливу на здоров'я споживача та важкості цього ефекту у наслідок споживання харчового продукту. Таким чином, для оцінки ризиків необхідно враховувати два основних фактори:

- ймовірність виникнення небезпеки для здоров'я споживача через споживання харчового продукту;
- наслідки для здоров'я.

Для унаочнення наданої інформації приведемо приклад даних, які були виділені Yasmine Motarjemi [34] при аналізі різних типів небезпечних чинників (табл. 5.7):

Таблиця 5.7

Різні типи даних, які можуть бути використані для аналізу небезпечних чинників при підготовці плану НАССР

Небезпечний чинник	Опис даних
Мікроорганізми	Наслідки для здоров'я споживача
	Інфекційна доза збудника
	Термостійкість
	Оптимальні умови росту та розмноження
	Склад харчового продукту, як середовище для розвитку мікроорганізмів
	Впровадження та дотримання санітарних вимог для профілактики контамінації готового продукту
Мікотоксини	Передбачені законодавчими актами ГДК мікотоксинів
	Кліматичні умови виробництва продукції
	Аграрна практика боротьби зі збудниками захворювання рослин
	Цільові споживачі – вікова група потенційних споживачів, домашні тварини
Агрохімікати	Передбачені законодавчими актами ГДК агрохімікатами
	Аграрна практика боротьби зі збудниками захворювання рослин
	Інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин
	Цільові споживачі – вікова група потенційних споживачів, домашні тварини
Алергени	Характер сировини
	Можливість перехресної контамінації
	Система управління безпечністю харчових продуктів у постачальника інгредієнтів
	Цільові споживачі
Фізичні небезпечні чинники	Розмір, форма і характер небезпечних чинників
	Гарантія якості у постачальника
	Система управління безпечністю харчових продуктів у постачальника інгредієнтів
	Цільові споживачі

Джерело: розроблено автором

Небезпечні чинники, які виділила група НАССР під час аналізу вихідної сировини, інгредієнтів, пакувальних матеріалів або виробничого процесу та які можуть негативно вплинути на стан здоров'я споживача, кваліфікуються як «суттєві», і їх необхідно контролювати за допомогою критичних контрольних точок, про що було описано вище. Тим не менш, небезпечні чинники, які вважаються «не суттєвими», бо умови виробництва нівелюють цю небезпеку, потребують перевірки та періодичного моніторингу. Їх метою є підтвердження ефективності розроблених заходів контролю та підтвердження низького значення цього ризику у будь-який момент виробництва.

Процес оцінки ризиків не завжди дає однозначну відповідь про значущість небезпечного фактору, бо коли ризик оцінюється як незначущий, може існувати різний ступінь залишкового ризику та, відповідно, частота його контролю. Одним з найпростіших, але найефективніших методів оцінки ризиків є використання кваліметричної шкали, представленої в табл. 5.8.

Таблиця 5.8

Метод оцінки ризиків з використанням кваліметричної шкали

Ймовірність перевищення нормативних показників безпеки	Ймовірність висока	Серйозність ризику незначна. Небезпечний чинник не несе небезпеки	Серйозність ризику значна. Небезпечний чинник несе небезпеку			
	Середня ймовірність					
	Малоймовірно					
	Одиничні випадки	Незначний ризик. Небезпечний чинник можна не враховувати	Серйозність ризику незначна. Небезпечний чинник не несе небезпеки			
	Теоретично ймовірно					
		Жодного впливу при одноразовому впливі	Незначна	Помірна	Серйозна	Катастрофічна
Серйозність наслідків для здоров'я споживачів						

Джерело: [34]

Таким чином, залежно від ступеня ризику можна розглянути різну частоту моніторингу. Наприклад, в соусі болоньезе як інгредієнт використовуються томати, якщо використовувати свіжі

овочі, то обов'язково необхідно враховувати можливість мікробіологічного забруднення готового продукту кишковою паличкою або сальмонелою. Таким чином, цей небезпечний чинник необхідно розглядати як серйозний, а етап виготовлення соусу слід виокремити як критичну точку контролю (КТК), тобто необхідно розробити план НАССР для контролю цього техпроцесу. Однак, якщо помідори надходять у вигляді томатної пасти, яка пройшла процес пастеризації, про що вказує розроблена система безпечності харчових продуктів в постачальника, тоді цей ризик можна вважати низьким, а рівень небезпеки – незначним. В цьому випадку не буде потреби в проведенні мікробіологічного контролю готового продукту і його можна відмінити.

Крок 7 – Визначення критичних точок контролю (КТК). Крок 8 – Встановлення критичних меж. Крок 9 – Створення системи моніторингу для кожної КТК. Крок 10 – Встановлення коригувальних дій. Загальні принципи визначення критичних точок контролю при виробництві харчового продукту, їх критичних меж, методи моніторингу та розробка коригувальних дій описано вище.



Рис. 5.5. Основні фактори впливу на ефективність верифікації системи НАССР

Джерело: розроблено автором

Крок 11 – Встановлення процедур верифікації. Процес верифікації передбачений у 6 принципі системи НАССР і був розглянутий вище, тим не менш необхідно наголосити на цьому етапі, адже

валідація є гарантією дієвості системи забезпечення безпеки харчових продуктів. Під час перевірки елементів дослідження НАССР на кожному кроці важливо враховувати три аспекти:

- науково-технічні дані;
- придатність застосовуваного обладнання;
- персонал, який уповноважений приймати необхідні рішення.

Взаємозалежність цих факторів можна графічно зобразити таким чином (рис. 5.5).

Зрозуміло, що розробка науково обґрунтованого НАССР має невелику цінність, якщо один з цих трьох елементів не відповідає вимогам або не може забезпечити необхідної якості в роботі, яка передбачена системою.

Зазвичай, верифікацію системи часто плутають з валідацією. Щоб розрізнити ці два види діяльності, валідація проводиться під час розробки продукту та розробки плану НАССР, щоб переконатися, що план розроблено правильно, а верифікація здійснюється як частина впровадження плану НАССР для забезпечення відповідності плану (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Процес валідації і верифікації системи НАССР

Джерело: розроблено автором

Хоча процес валідації та верифікації є окремими видами діяльності, результати верифікації є важливими для повторної валідації досліджень НАССР, що можна зобразити графічно у вигляді дерева рішень рис. 5.7.



Рис. 5.7. Приклад верифікації системи НАССР

Джерело: розроблено автором

Процес верифікації є вкрай важливим для забезпечення ефективної роботи не лише системи НАССР, а й виробництва загалом. Саме тому необхідно забезпечити верифікацію усіх елементів системи, починаючи від аналізу небезпек, критичних меж, параметрів моніторингу до коригувальних дій та процедури верифікації. Підтвердженням цього тезису слугує ряд отруєнь споживачів молочної продукції однієї компанії в Японії у 2000 році.

Під час мікробіологічних досліджень встановлено, що збудником цих отруєнь був *S. aureus*, в якості коригувальних дій керівництво виробництва прийняло рішення змінити параметри пастеризації молочної продукції. Незважаючи на те, що компанія застосувала правильну коригувальну дію для усунення патогенної мікрофлори, вона була не повна, бо токсин *S. aureus* є термостабільний, а тому вся продукція залишалася небезпечною для споживача.

Аналогічні випадки можуть виникнути і на етапі моніторингу, якщо, наприклад, термодатчик встановлено не в тій частині технологічного обладнання, аналітичний метод або процедура відбору зразків не дозволяє забезпечити отримання репрезентативного взірця.

У своїй праці V. N. Scott [40] надав короткий опис діяльності компанії, яка обов'язково повинна бути піддана верифікації (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Приклади діяльності компанії, яка повинна бути верифікована за V. N. Scott

Принцип	Валідація
Проведення аналізу небезпечних чинників по ходу технологічного процесу виробництва готового продукту	<ul style="list-style-type: none"> – Для виявлення потенційних небезпечних чинників проводяться необхідні дослідження: аналіз наукової літератури, аналіз вимог державних стандартів, аналіз документації виробничого процесу при виявленні невідповідностей в готовому продукті. – Аналіз контрольних заходів для досягнення необхідних цілей безпеки харчових продуктів. Відповідність роботи виробничого обладнання та обслуговуючого його персоналу. – Для не суттєвих небезпечних чинників достатньо здійснювати періодичний моніторинг, наприклад, аудит постачальників, контроль санітарної ситуації в регіоні, тощо.
Визначення критичних точок контролю (КТК) виробничого процесу	Аналіз відповідності вибору етапів технологічного процесу, як КТК; персонал володіє інформацією в достатній мірі для розуміння значення КТК, розуміння критичних меж та алгоритму дій, у разі отримання даних, які їм не відповідають.
Встановлення критичних меж етапів виробництва	Проведення аналізу відповідності критичних меж до: <ul style="list-style-type: none"> – Ефективності або критеріїв продукту, необхідних для досягнення цілей безпеки харчової продукції або цілей ефективного виробничого процесу; – Нормативних вимог країни, де продукти продаються та / або специфікації клієнтів, якщо вони є жорсткішими за ДСТУ або ТУ.
Розробка системи моніторингу КТК	<ul style="list-style-type: none"> – Аналіз відповідності всіх обраних параметрів продукту чи технологічного процесу для моніторингу контрольних заходів; – Обладнання або методи, що використовуються для моніторингу є доцільними, а їхні результати є достовірними; – Персонал є компетентним, надійним та адекватно підготовленим для якісного використання обладнання або методів моніторингу (тобто перевірка їхнього навчання).
Розробка коригувальних дій	<ul style="list-style-type: none"> – Ефективності розроблених коригувальних заходів для виправлення виявлених невідповідностей. – Персонал виробництва має достатньо теоретичних знань для здійснення коригувальних дій у разі виявлення невідповідності. – Процес «простежуваності» для продукції працює ефективно.
Розробка та впровадження процедур верифікації	<ul style="list-style-type: none"> – Виготовлення продукції здійснюється згідно вимог нормативної документації, а робота системи відповідає принципам ISO. – Всі методи контролю системи є дієвими, а отриманні результати є достовірними – Аналіз здійснюється компетентним персоналом.
Впровадження системи документації	<ul style="list-style-type: none"> – Впроваджена система документування відповідає вимогам ISO. – Відображає у повній мірі аналіз небезпечних чинників та плану НАССР, а також містить дані про результати моніторингу та перевірки КТК, а також коригувальні дії у разі виявлення невідповідності. – Містить дані про аналіз кореневих причин у разі невідповідності. – Дозволяє оперативно забезпечити процес прослідковуваності.

Джерело: [40]

Крок 12 – Створення форм для ведення записів. Через створення форм документації даних виробничих процесів формується хибне уявлення про те, що система НАССР – це «бюрократична машина», основною ціллю якої є паперова діяльність. Тим не менш, саме документування відіграє ключову роль у безпеці харчових продуктів, бо є важливим та ефективним засобом комунікації: дозволяє передавати інформацію між працівниками різних відділів як в он-лайн режимі, так і через певні часові проміжки, планувати та впроваджувати зміни у систему безпечності харчових продуктів, а також здійснення інформування працівників підприємства щодо прийнятих змін у стандартах роботи. Документація може відігравати важливу роль у підтримці плану НАССР та його актуалізації. Також форми записів, за потреби, можуть надаватися правоохоронцям, аудиторам та клієнтам, як доказова база щодо:

- проведеного аналізу небезпек, тобто які небезпеки розглядаються та контролюються;
- небезпеки, які вважаються значними та визначені як критична точка контролю;
- докази того, що система забезпечення безпеки харчових продуктів постійно перебуває під контролем.

Найчастіше підприємство засвідчує дієвість системи НАССР, надаючи документовану інформацію під час зовнішнього аудиту, а також при проведенні аналізу всього виробничого ланцюга для певної асортиментної одиниці. Прикладами таких документів є:

- процедури реалізації вимог GHP: план боротьби зі шкідниками, вимоги до стану здоров'я та гігієни персоналу підприємства та форми записів про систематичну роботу в цих напрямках;
- дослідження НАССР (табл. 5.10), включаючи аналіз небезпек, визначення заходів контролю, параметрів процесу та критичних меж, план НАССР, а також дані його перевірки;
- описи харчових продуктів та інгредієнтів;
- опис технологічного процесу;
- специфікація для постачальників чи покупців або будь-яка інша інформація для кінцевого споживача;
- звіти аудитів постачальників, перевізників, дистриб'юторів;
- записи моніторингу КТК та використаних процедур, а також коригувальні дії, вжиті у разі відхилень;
- дані щодо валідації та верифікації методів дослідження;

- записи щодо встановлення першопричини виявлених невідповідностей, розроблені коригувальні дії та перевірка їхньої ефективності;
- записи про навчання персоналу, характер і обсяг його навчання в порівнянні з відповідальністю;
- періодична актуалізація плану НАССР.

Таблиця 5.10

Приклад шаблону для документування дослідження НАССР

Етап	Тип небезпеки та її короткий опис	Впроваджені методи контролю	КТК (так/ні)	Критичні межі	Спосіб моніторингу	Коригувальні дії	Метод верифікації
1	2	3	4	5	6	7	8
Пастеризація молока	Мікробіологічна небезпека. Відсутність необхідної температурної обробки молока зумовить розвиток патогенної мікрофлори	1. графік температури пастеризації	так	<72°C	1. автоматизація системи контролю роботи пастеризатора; 2. якісний контроль активності лужної фосфатази	–	–

Джерело: розроблено автором

Реалізація Плану НАССР та його підтримання. Першим і фундаментальним кроком у реалізації плану НАССР на виробництві є навчання як персоналу, який безпосередньо здійснює технологічні операції, так і працівників, які проводять контроль напівфабрикату та готового продукту [3, 6]. Результатом цього освітнього заходу повинно бути розуміння керівниками та працівниками виробництва їхнього завдання та обов'язків для забезпечення дієвості системи НАССР, важливості та значення їх заходів, необхідність інформування про будь-які зміни чи відхилення від критичних значень плану НАССР (наприклад, невідповідність, виявлена під час аудиту, дані верифікації, що показують незадовільні результати, або зміна процесу чи постачальника). Також необхідно забезпечити необхідність розуміння персоналом того факту, що недотримання програми передумов має відношення до аналізу небезпеки, а отже до однієї з головних вимог до готового харчового продукту. Наприклад, спалах сальмонельозу в Німеч-

чині, який зумовив до захворювання близько 1000 дітей, став результатом зміни постачальника, аудит якого не було проведено. Інциденти, пов'язані з наявними, але незадекларованими алергенами, також часто пов'язані зі зміною постачальника без вжиття необхідних заходів вхідного контролю та повного аналізу кінцевого продукту. Таким чином, будь-яка з перерахованих вище змін повинна індукувати повторну перевірку дослідження НАССР [34].

Окрім цього, відповідальні за впровадження та підтримання дієвості системи НАССР особи повинні у повній мірі розуміти важливість КТК та необхідність ретельного аналізу випадків будь-якої невідповідності на цьому етапі технологічного процесу. Основним завданням при цьому є встановлення першопричини виходу показників за критичні межі та, відповідно до цих даних, розробка ефективних коригувальних дій.

Після впровадження програми передумов та системи НАССР загалом необхідно забезпечити роботу та постійну актуалізацію плану НАССР. Це означає періодичну перевірку дослідження НАССР, щоб «верифікувати» її дієвість відповідно до змін у виробничому процесі, процедур дослідження якості та безпечності продукції. Таким чином, всупереч загальній думці, НАССР не є одноразовою практикою, а потребує постійної роботи для підтримки її дієвості. Окрім цього, необхідно зазначити, що актуалізація системи НАССР не обов'язково повинна зумовлювати посилення контролю за готовим продуктом або виробничим процесом загалом, вона може призвести до зворотної ситуації, наприклад, якщо один інгредієнт замінюють на інший, який несе менше ризиків погіршення кінцевого продукту.

Окрім результатів верифікації, повторну перевірку досліджень та плану НАССР можуть індукувати:

1. Внутрішні зміни, пов'язані з виробничим процесом:
 - зміна постачальника, технології виробництва або типу сировини;
 - зміна технологічного процесу;
 - зміна рецептури продукту;
 - зміна спожиткового пакування для готового продукту, включаючи нанесене маркування;
 - зміна технологічного обладнання;
 - зміна виробничого персоналу;
 - зміна виробничого середовища – проведення тимчасових ремонтних робіт, проведення технічного обслуговування обладнан-

ня, що може призвести до контамінації харчового продукту патогенною мікрофлорою;

- зміна транспортного або розподільного каналу;
- зміна цільового споживача та цільового використання та/або умов використання.

2. Зовнішні зміни, пов'язані із змінами у виробничому середовищі:

- мікробіологічне забруднення готового продукту;
- хімічне забруднення готового продукту;
- зміни державних вимог або вимог споживача до готового продукту;
- зміни в інструментарії (точності) моніторингу контрольних показників виробництва;
- зміни в маркетинговому спрямуванні готового продукту на вікову групу споживачів;
- соціальний та екологічний фактор виробничого процесу.

Економічний ефект впровадження системи НАССР. Будучи динамічною системою гарантії якості, система НАССР вимагає значних фінансових капіталовкладень, пов'язаних з навчанням персоналу підприємства, закупівлею обладнання необхідного рівня, підвищенням якості сировини та інгредієнтів, впровадженням необхідного технічного обслуговування. Впроваджені зміни у довгостроковій перспективі забезпечать повернення інвестицій через зменшення кількості браку готового продукту, покращення якості та безпеки харчового продукту, підвищення надійності та зменшення кількості скарг від споживачів [34].

Грамотно розроблені програми передумов можуть забезпечити ефективний контроль за ключовими етапами технологічного процесу, а також можуть бути використані для підтримки ефективної роботи плану НАССР, що забезпечить простоту в управлінні та скорочення витрат компанії для збереження необхідного рівня якості та безпечності готового продукту [55].

Економічні затрати на впровадження системи НАССР для підприємства будуть найвищими на першому етапі цього процесу, тим не менш систематичні витрати для підтримання та вдосконалення всіх розроблених процедур повинні закладатися в бюджет компанії. Приклад розрахунку фінансових витрат на впровадження системи НАССР можна здійснити для невеликого молочного заводу, який здійснює переробку 10000 л молока на добу, загальна кількість персоналу становить 30 співробітників, асортимент гот-

вої продукції: пастеризоване молоко, йогурт із солодким наповнювачем і сметана 20% жирності. На підприємстві працює виробнича лабораторія, яка здійснює необхідні фізико-хімічні та мікробіологічні дослідження як вхідної сировини, так і готової продукції. Аналіз витрат буде здійснено для продукту «молоко питне коров'яче пастеризоване з жирністю 2,5%», для щоденного виготовлення якого в кількості 5000л працює семеро співробітників.

Для розуміння вихідної ситуації підприємства надається також короткий опис виробничих умов. На виробництві не розроблені та впровадженні GMP та відповідні гігієнічні норми; серед співробітників і керівників передбачена вербальна комунікація при поширенні необхідної інформації щодо виробничого процесу; відсутня документація щодо санітарних процедур та стандартних операційних процедур; відсутні процедури навчання працівників. Щодо виробничих умов, то необхідні структурні зміни у виробничому корпусі, а саме: заміна покриття підлоги, облаштування зони зберігання миючих і дезінфікуючих засобів, розробка системи безпеки для УФ-ламп, розташованих у фасувальному станку.

У технологічному процесі виділену надмірну кількість критичних точок контролю:

1. фізико-хімічні та мікробіологічні показники молока-сировини;
2. температура пастеризації готової продукції;
3. герметичність спожиткового пакування;
4. температура зберігання готової продукції на складі підприємства;
5. температура транспортування готового продукту до торгівельної мережі;
6. проведення миття і дезінфекції технологічного обладнання для забезпечення його якісного санітарного стану;
7. боротьба зі шкідниками.

Етапи виробничого процесу від 3 до 7 повинні входити в загальну систему передумов GMP, а також бути передбаченні в автоматизованій системі санітарної обробки виробничого обладнання. Такі зміни забезпечать лише два КТК, спрощення та підвищення ефективності, в майбутньому, плану НАССР.

Орієнтовна оцінка витрат, пов'язаних з розробкою і впровадженням планів НАССР, представлена в таблиці 5.11. Як і передбачалося раніше, початкові витрати при впровадженні плану НАССР будуть вищим, що пов'язано із реалізацією вказаних вище вимог GMP та санітарії.

**Кошторис витрат, пов'язаний із впровадженням
та підтримкою планів НАССР впродовж першого
та другого року**

Процес	Необхідні зміни	Кошторис, грн	
		Перший рік	Другий рік
Боротьба зі шкідниками	Консультації	2000	–
	Придбання необхідного обладнання	3000	1000
	Щомісячне залучення співробітників із зовнішніх організацій	30000	30000
Санітарія виробничого обладнання та середовища	Придбання необхідного обладнання та його автоматизація	200000	–
	Засоби для санітарної обробки	100000	100000
	Аналіз концентрації миючих засобів	15000	5000
Фасування готової продукції	Модернізація фасувальних станків	100000	–
Дослідження молока незбираного та готової продукції	Автоматизація процесу	100000	–
	Впровадження системи моніторингу наявності антибіотиків у молочній сировині	8000	8000
Розробка плану НАССР	Консультації	8000	–
	Первинне навчання системи НАССР	25000	–
	Періодичний тренінг	8000	4000
	Менеджер системи НАССР	12000	12000
Система передумов GMP	Консультації та розробка планів перебудови виробничих об'єктів	25000	–
	Будівельні роботи	100000	–
Загалом		736000	160000

Джерело: розроблено автором

З отриманих даних видно, що основні затрати у перший рік впровадження системи НАССР пов'язані з автоматизацією виробничого процесу, санітарною обробкою обладнання та забезпеченням відповідності виробничого середовища вимогам GMP. Загалом, на вказані зміни у виробничому процесі, теоретично, буде витрачено близько 73% коштів у перший рік роботи системи аналізу ризиків та критичних точок контролю.

На впровадження самої системи буде використано лише 7% фінансових витрат компанії. Тим не менш, впроваджені зміни в перший рік системи НАССР матимуть також і довгострокові позитивні наслідки для рівня безпеки і якості готової продукції. Так, капіталовкладення в процеси «Боротьба зі шкідниками» та «Дослідження молока незбираного та готової продукції», які становлять 20% від загальної кількості, мінімізують випуск продукції

з не відповідними якісними показниками, що позитивно вплине на органолептичні показники молока, а отже, може підвищити попит на нього. Впровадження системи моніторингу за вмістом антибіотиків забезпечить безпеку продукції, а тому, дозволить уникнути можливих фінансових втрат компанії у разі харчових отруєнь споживачів.

Щодо витрат на другий рік роботи системи НАССР, то основні витрати пов'язані з підтримкою системи безпеки харчового продукту в плані санітарного стану виробничого обладнання та контролю шкідників. Інша значна стаття витрат – підтримання ефективної роботи системи НАССР та впровадження нової посади – менеджера системи НАССР.

Необхідно зазначити, що загальні затрати на впровадження системи НАССР залежатимуть від стану виробничого цеху, технічного стану обладнання, на якому здійснюється виготовлення продукції, кваліфікації працівників та рівня впровадження дослідження фізико-хімічних та мікробіологічних показників у сировині та готовому продукті.

5.3. Впровадження принципів ISO 17025:2019 у роботу лабораторії

Значний розвиток хімічної, агрохімічної та фармацевтичної галузей за останні десятиліття дозволив не лише збільшити урожайність сільсько-господарських культур через синтез нових пестицидів та гербіцидів, підвищити термін придатності харчових продуктів в наслідок розробки нових консервантів, а й покращити стан стада ВРХ за допомогою нових антибіотиків. Тим не менш, використання цих речовин потребує додаткового контролю їх кількості в молочній сировині для забезпечення безпеки готового продукту для споживача, а це можливо лише за допомогою хімічного аналізу. Так, як єдиним джерелом інформації, на основі якої можна зробити висновок про відповідність сировини чи продукту, є результати аналізів, то впевненість у їх достовірності може забезпечити підтвердження точності застосовуваного методу. На сьогодні, таким способом підтвердження відповідності отриманих даних є акредитація лабораторій за стандартом ISO/IEC 17025:2019, який являє собою розроблений спосіб визначення компетенції лабораторій щодо точності результатів їх досліджень. Якщо розгля-

нути питання впровадження стандарту ISO/IEC 17025:2019 з точки зору оптимізації витрат виробником в умовах економічної кризи, то використання точних і надійних даних, які надходять від акредитованої лабораторії, дозволить не проводити повторні дослідження продукту для підтвердження його якості і безпеки, що мінімізує технічні бар'єри для торгівлі [13].

В Україні за останні десять років поруч з державними лабораторіями сформувалася велика кількість приватних акредитованих лабораторій, які надають свої послуги підприємствам в різних секторах економіки. Зараз компанії усвідомлюють переваги впровадження систем управління безпекою і якістю готового продукту та необхідності акредитації власних виробничих лабораторій для підвищення конкурентоздатності продукції на світовому ринку. Незважаючи на те, що процес впровадження стандарту ISO/IEC 17025:2019 та підтримка його дієвості передбачають великі інвестиції, підприємство усвідомлює той факт, що задоволеність клієнтів є важливим активом їхнього бізнесу, не менш важливою є довіра постачальників сировини, які більше довірятимуть даним акредитованої лабораторії, аніж виробничої.

Безперечним фактом є те, що в сучасному світі саме конкурентоспроможність компанії є запорукою її успіху, що передбачає, як зазначалося вище, не лише задоволення вимог клієнта, а й перевищення його очікувань [5]. Зрозуміло, що єдиним шляхом для досягнення цієї цілі є систематичне підвищення якості продукції та гарантування її стабільності. Підвищення якості продукції стимулює компанію до постійного вдосконалення системи управління та розробки ефективних способів задоволення потреб клієнтів. Крім того, необхідно враховувати принцип Демінга [14], який вказує на те, що підвищення якості продукції з часом забезпечить зниження витрат на її виробництво (рис. 5.9).

Впровадження системи управління якістю у виробничій лабораторії є одним із дієвих способів показати, що дані досліджень є достовірними, а тому на них можна покластися при прийнятті на їх основі рішень. З іншого боку, стандартизація процесів лабораторного аналізу гарантує клієнту точність отриманих даних, а можливі помилки в результатах тестування зведені до мінімуму. Відповідно до загальних вимог системи НАССР можна здійснити простежуваність всіх етапів лабораторного дослідження, можливість попередження помилок шляхом впровадження превентивних дій та можливість ініціювати коригувальні дії при виявленні помилок.

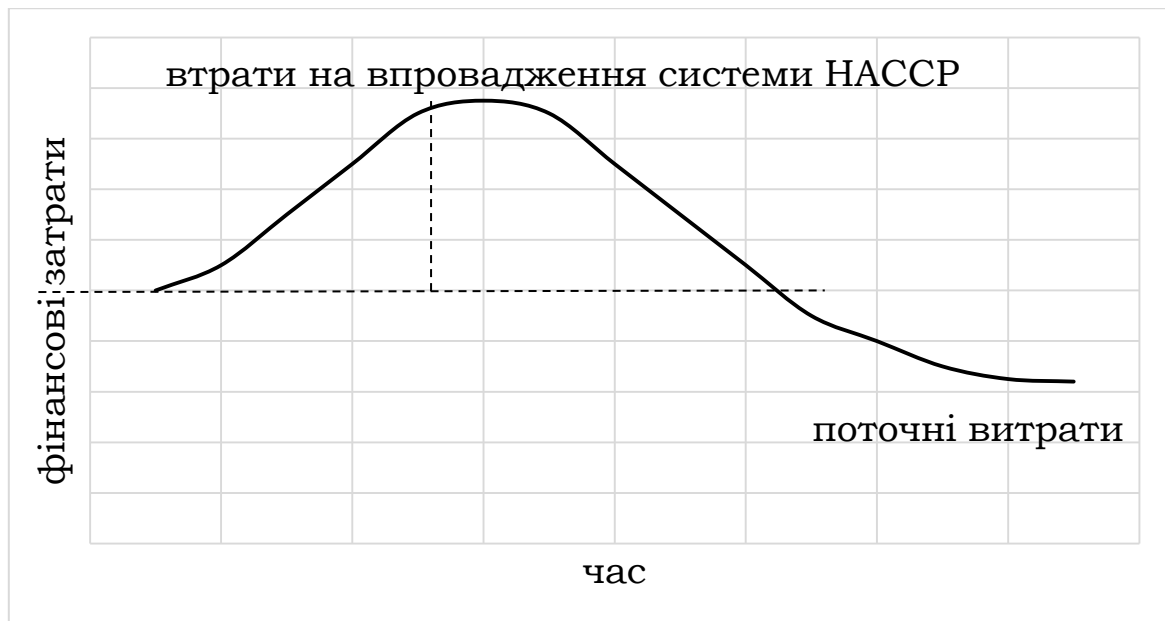


Рис. 5.9. Вплив системи підвищення якості продукції на загальні витрати

Джерело: розроблено автором

Як відомо, стандартом для побудови системи якості є ISO 9001, а ISO/IEC 17025 забезпечує підтримку та розвиток цієї характеристики у випробувальних і калібрувальних лабораторіях через розвиток компетенції їх працівників. Так як, клієнти шукають лабораторії, які можуть надати їм точні та надійні результати вони орієнтуються на акредитацію за ISO/IEC 17025, бо стандарт ISO 9001 не забезпечує технічну та методологічну компетенцію працівників лабораторії. Саме цих два види компетенції персоналу лабораторії розвиває ISO/IEC 17025 через стандартизацію таких процесів:

- забезпечення необхідного рівня технічної компетентності персоналу;
- валідація методів дослідження;
- калібрування і технічне обслуговування лабораторного обладнання;
- забезпечення простежуваності лабораторних вимірювань;
- оцінка невизначеності вимірювань;

Окрім технічної сторони компетенції персоналу лабораторії, ISO/IEC 17025 використовує у тій чи іншій мірі елементи системи якості ISO 9001. Для додаткового розуміння взаємодії цих двох документів слід зазначити, що в січні 2009 року IAF-ILAC-ISO випустила спільне Комюніке про вимоги до систем менеджменту («*Communiqué on the Management Systems*») «ISO/IEC 17025:2019

Загальні вимоги до компетенції випробувальних та калібрувальних лабораторій» («ISO/IEC 17025:2019 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories»). Комюніке було підготовлено, щоб зняти плутанину, викликану уявленням про те, що акредитовані лабораторії не використовують визнану систему управління якістю.

Для об'єктивної оцінки результатів впровадження ISO/IEC 17025:2019 для виробничої лабораторії молокопереробного підприємства проведено SWOT-аналіз, який дозволить виділити сильні і слабкі сторони акредитації лабораторії, а також встановити можливості та ризики в майбутньому [46] (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

SWOT-аналіз впровадження ISO/IEC 17025:2019 у виробничій лабораторії молокопереробного підприємства

Наслідки	Внутрішні лабораторні фактори	Зовнішні лабораторні фактори
Позитивні	Сильні сторони	Можливості
	точність результатів досліджень	визнання результатів досліджень всередині країни та за її межами
	підвищення продуктивності роботи	підвищення конкурентоздатності лабораторії та підприємства загалом
	стандартизація досліджень	покращення репутації лабораторії
	покращення бази методів досліджень	внутрішньолабораторні розробки
	підтвердження компетенції лабораторії та її персоналу	розширення ринків збуту продукції за межами країни
	якість результатів – першочергове завдання лабораторії довіра між лабораторією та замовником	впровадження передових технологій виробництва через можливість проведення складних лабораторних досліджень для їх контролю
Негативні	Слабкі сторони	Ризики
	перенавантаження працівників лабораторії	скорочення ресурсів та фінансування
	зменшення контролю керівництвом компанії	складність впровадження принципів ISO/IEC 17025:2019
	підбір персоналу, який не розділяє філософію компанії	бюрократичне управління акредитованої лабораторії
	відсутність можливості адаптації лабораторії до зовнішніх чинників	незалежність керівництва лабораторії від виробничого процесу
	складність процесів технічного налаштування обладнання – необхідність найму працівників для цих цілей	не відповідна підготовка персоналу, що зумовить отримання, в майбутньому, недостовірних результатів досліджень
	систематичні витрати на підвищення кваліфікації персоналу	економічна криза зумовить необхідність закриття лабораторії
	періодичні аудити лабораторії для підтвердження її компетенції	програми навчання і калібрування коштують дорого
	фінансові витрати компанії на впровадження та підтримку дієвості ISO/IEC 17025:2019	місцеві органи для акредитації недостатньо кваліфіковані для забезпечення очікуваної якості

Джерело: розроблено автором

Як виділено у SWOT-аналізі акредитації виробничої лабораторії, основною причиною впровадження цього процесу є забезпечення стабільно високого рівня компетенції лабораторії, що забезпечить довіру клієнтів до отриманих даних, а отже, і до готового продукту, з іншого боку, це дозволить розширити ринки збуту продукції та знизити витрати компанії на дослідження продукції, яка направляється на експорт.

Така уніфікація процесу забезпечення якості лабораторії пов'язана з введенням у ISO/IEC 17025:2019 елементів регіональних стандартів з подальшою їх відміною, яскравим прикладом чого слугував стандарт EN 45001:1989 «General criteria for the operation of testing laboratories». Таким чином, ISO 17025 був прийнятий у всьому світі для оцінки відповідності випробувальних (і калібрувальних) лабораторій національними органами з акредитації, що дозволило забезпечити однакову якість досліджень у всьому світі.

Підтвердженням цього, наприклад, є Офіційний регламент контролю кормів і харчових продуктів у Європі, який передбачає загальні вимоги до харчових продуктів та до їх контролю, тим не менш, великі торгівельні мережі вимагають від виробників додаткових досліджень продукції у акредитованій лабораторії або здійснюють самі періодичний контроль, надаючи взірці продукції на дослідження. Іншим підходом при підписанні угод про співпрацю між виробником продукції і торгівельною мережею є погодження додатку до вимоги акредитації не всієї лабораторії, а лише окремих методів аналізу, результати яких є показником безпеки та якості продукту.

Іншою перевагою акредитації виробничої лабораторії є наявність юридичних доказів компетенції її працівників і стандартизованого процесу аналізу, а отже, і достовірності отриманих результатів. Цей факт є важливим, з одного боку, для підвищення довіри споживачів до харчової продукції підприємства, а з іншої, у разі судового позову щодо харчового отруєння підприємство може надати докази проведення необхідних досліджень, результати яких можуть бути визнані іншими незалежними лабораторіями.

Останньою, але не менш важливою перевагою акредитації виробничої лабораторії є розширення ринків збуту готової продукції, бо для експорту харчових продуктів їх дослідження в акредитованій лабораторії є обов'язковою умовою.

Для формування загальної картини процесу акредитації виробничої лабораторії необхідно розглянути можливі недоліки цього процесу для підприємства, які, передусім, полягають у значних фінансових витратах компанії та часу персоналу лабораторії. Також додатково керівництво компанії повинно забезпечити умови для створення та підтримки численних необхідних документів і процедур. Іншою проблемою є довготривалий процес впровадження додаткових методів, які не входили в перелік акредитованих, що зменшує «гнучкість» роботи лабораторії та потребує від відділу зовнішньої торгівлі компанії надзвичайно скрупульозної роботи при затвердженні термінів поставок продукції.

Необхідні капіталовкладення на побудову «якості» проведення досліджень згідно вимог ISO/IEC 17025:2019 складають від 15% до 20% ділового обороту компанії. Ці фінансові витрати можна розділити на дві категорії [35]:

- прямі («первинні») витрати компанії;
- приховані («вторинні») витрати компанії

До прямих витрат можна віднести оплату реєстрації лабораторії для проведення акредитації та, відповідно, платежі за періодичний аудит для підтвердження компетентності працівників та дієвості впровадженої системи. Наступним пунктом прямих витрат компанії є систематична участь працівників у тематичних програмах підвищення кваліфікації, пов'язаних із областю акредитованих методів досліджень. Ще одним важливим аспектом витрат є участь лабораторії у міжлабораторних порівняльних випробуваннях («міжлабораторні раунди»), що дозволяє підтвердити точність досліджень по кожному акредитованому методу. Іншими прямими витратами є необхідні реактиви, середовища та лабораторне обладнання для проведення досліджень. У зв'язку з технічним прогресом за останні десятиліття практично всі хімічні дослідження носять інструментальний характер, а тому потребують калібрування, яке вважається критичним для отримання достовірних результатів випробувань. Цей процес є дорогавартісним, бо залучаються сервісні компанії з країн-виробників, а також через використання дорогих контрольних взірців. Окрім цього, необхідно враховувати періодичність контролю технічної придатності обладнання, а також додаткові вимоги від клієнтів.

Непрямі витрати компанії на акредитацію виробничої лабораторії пов'язані із роботою персоналу, який залучений до підготовки великого обсягу документації, необхідної для забезпечення

дієвості системи ISO/IEC 17025:2019. Потім необхідно витратити додатковий час на розробку детальних алгоритмів роботи (стандартизації процесів) та введення форм записів випробувань для забезпечення простежуваності та можливості встановлення причин виявленої невідповідної роботи працівників у майбутньому. Окрім цього, необхідно розробити та узгодити графіки зовнішнього та внутрішнього калібрування обладнання для забезпечення необхідної якості рутинних досліджень. Для забезпечення внутрішньолабораторного контролю якості роботи працівників необхідно забезпечити наявність еталонних взірців, встановлення окремих показників для них необхідно, по-перше, проводити арбітражними методами, а, по-друге, виділити персонал для здійснення цих досліджень.

Іншою стороною системи менеджменту ISO/IEC 17025:2019 є управління документацією, тому для забезпечення цієї вимоги необхідно провести навчання персоналу лабораторії. З іншого боку, усі документи системи необхідно верифікувати для забезпечення їх актуальності, а також, згідно графіку, проводити внутрішні аудити. Термінальним етапом роботи з документацією лабораторії є її аналіз керівництвом принаймні один раз на рік, тому лише спільна та систематична робота всіх працівників підприємства від топ-менеджерів до самого персоналу лабораторії забезпечить відповідну роботу всієї системи [35].

Непрямими витратами на систему ISO/IEC 17025:2019 є необхідність внесення у перелік методів лабораторії додаткового дослідження, яке передбачене покупцем. Це зумовить витрати часу персоналу для підготовки необхідної документації та ще прямі витрати на підтвердження компетенцій лабораторії в цьому дослідженні. Окрім цього, підготовка звітності роботи лабораторії займає додатковий час персоналу, який повинен забезпечити її достовірність та відповідність передбаченим вимогам. Таким чином, перед керівництвом компанії постає дилема: збільшення штату лабораторії з введенням додаткової одиниці у вигляді «менеджера системи ISO/IEC 17025:2019 або перекладання цих обов'язків на персонал лабораторії. Перше рішення зумовить додаткові прямі витрати, інше – передбачатиме незначні фінансові витрати, але збільшує ризик не ефективного управління системою якості в лабораторії.

Також не потрібно відкидати і внутрішнє переконання деяких представників виробничих галузей економіки, які не вважа-

ють процес акредитації лабораторії за необхідність, бо не бачать значимої різниці між лабораторією із впровадженою системою ISO/IEC 17025:2019 та виробничою, окрім фінансових витрат. Також необхідно відмітити кардинально відмінні вимоги, які висуваються до лабораторій різними органами акредитації, а деякі висувають нереальні вимоги в комерційному плані, що вкрай негативно позначається на відношенні компаній до впровадження ISO/IEC 17025:2019 власних виробничих лабораторій та змушує їх запрошувати іноземні органи акредитації.

Органи з акредитації в різних країнах світу підписують угоди про взаємне визнання з центральними організаціями щодо акредитації лабораторій в певних регіонах планети, таких як Європейська кооперація з акредитації (EA), Азіатсько-Тихоокеанська кооперація з акредитації лабораторій (APLAC) або Міжнародна кооперація з акредитації лабораторій (ILAC), що дозволяє визнавати результати досліджень акредитованої лабораторії місцевими органами у всьому світі, а продукти і товари, які пройшли дослідження та отримали відповідні документи, можуть застосовуватися для міжрегіональної торгівлі. Ці організації також координують моніторинг та оцінку роботи локальних органів з акредитації відповідно до ISO 17011.

Незважаючи на глобалізацію процесу акредитації лабораторій, поточна гармонізація законодавства у Європі вимагає, щоб кожна країна ЄС мала лише один орган з акредитації, який застосовує вимоги ISO 17011 для оцінки відповідності випробувальних лабораторій стандарту ISO/IEC 17025:2019 в цій державі. Однак у деяких країнах досі існують інші схеми акредитації, які можуть використовуватися в лабораторіях харчової мікробіології, оскільки всі вони засновані на схожих принципах. Наприклад, у Великобританії діють дві комерційні схеми акредитації – CLAS і LABCREED, які застосовуються, в основному, в лабораторіях, пов'язаних з переробкою харчових продуктів, де моніторинг навколишнього середовища, сировини та кінцевого продукту необхідний як частина контролю якості всього виробництва, при цьому, вважається, що вони використовують «емпіричний» підхід відповідно до вимог технологічного процесу.

Якщо розглянути систему менеджменту якості в лабораторії згідно ISO/IEC 17025:2019, то вона складається з документації, яка описує політику лабораторії та всі процедури для акредитації передбачених методів дослідження, а також весь спектр необхід-

них записів для демонстрації простежуваності отриманих даних. Основним документом цієї системи для лабораторії є процедура управління якістю, яка передбачає також політику лабораторії та іншу документацію: детальний опис операційних процедур, методів досліджень, робочих інструкцій та форм записів, представлених у відповідності до розділів ISO/IEC 17025:2019. Загалом, цей документ розділений на вісім розділів, два додатки та бібліографію. Ця документація може бути розроблена власними силами лабораторії або за допомогою зовнішніх консультантів, які надають практичну допомогу у формуванні системи якості, тим не менш, основною вимогою залишається необхідність охоплення ключових вимог стандарту, представлених в розділі 4–8.

У розділі 4 «Загальні вимоги» виділено два основних пункти – «неупередженість» та «конфіденційність». Так, під поняттям «неупередженість» стандарт розуміє відсутність комерційного, фінансового чи іншого тиску на лабораторію чи працівників лабораторії. Таким чином, лабораторія несе відповідальність за неупередженість проведених досліджень та об'єктивність отриманих даних. Додатковою вимогою є оцінка потенційних ризиків щодо неупередженості власної діяльності, а також здатність продемонструвати алгоритм усунення чи мінімізації такого впливу на її діяльність.

Іншою вимогою цього документу є «конфіденційність» інформації, отриманої лабораторією у результаті досліджень. Лабораторія не має права розголошувати будь-які дані замовника чи отримані дані, не узгодивши це із ним. Також керівництво може надати конфіденційну інформацію, відповідно до законодавства чи договірних умов, тим не менш, вона обов'язково повинна повідомити про це замовника. Таким чином, не лише керівництво і працівники лабораторії повинні забезпечити необхідний рівень «конфіденційності» даних, а й персонал, який надає додаткові послуги, та постачальники.

У розділі 5 «Вимоги до структури» викладено основні вимоги до структури акредитованої лабораторії та розглянуто основні принципи взаємодії між структурними одиницями та її загальною діяльністю. Основною вимогою є те, що лабораторія повинна бути юридичною особою або частиною юридичної особи, яка несе юридичну відповідальність за результати свої лабораторних досліджень.

Щодо структури, то лабораторія повинна мати керівництво, яке несе повну відповідальність за роботу персоналу, а також

повинне вибудувати так процес дослідження, починаючи з етапу відбору взірців матеріалів до видачі результатів замовнику, щоб забезпечити вимоги стандарту ISO/IEC 17025:2019 як у власній лабораторії, так на будь-якій локації замовника. Для прикладу наведемо структуру акредитованої лабораторії, яка спеціалізується на дослідженні молочної продукції (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Приклад структури акредитованої лабораторії

Джерело: розроблено автором

Ця структура лабораторії дозволяє виділити чітку ієрархію управлінського апарату та, відповідно, взаємодію персоналу. У лабораторії є її безпосередній керівник, який несе відповідальність за організацію лабораторних досліджень та результати, надані замовнику, окрім цього, керівник відповідальний за підтримання належної роботи та ведення документації згідно вимог нормативних документів, у тому числі і ISO/IEC 17025:2019.

Для забезпечення цього, у лабораторії працює три керівники напрямків: фізико-хімічних досліджень продукції, мікробіологічних досліджень продукції та менеджер системи якості. Кожен з цих керівників є професіоналом у науковій та дослідницькій сфері, що дозволяє забезпечити необхідну точність та об'єктивність досліджень. До ключових посадових обов'язків керівників напрямків фізико-хімічного та мікробіологічного дослідження молочної продукції входить:

- впровадження необхідних методів дослідження та підтримка їх точності, відповідно до вимог нормативних документів;
- підбір необхідного лабораторного обладнання та реактивів відповідної якості для забезпечення прецизійності методів дослідження;

- впровадження та реалізація способів валідації методів дослідження;

- моніторинг роботи працівників лабораторії;
аналіз отриманих даних досліджень.

Окрім дослідницької роботи, керівники напрямків мають ряд управлінських функцій:

- організація роботи лабораторії (формування графіків роботи працівників, формування звітів про роботу лабораторії, тощо);

- організація підвищення кваліфікації працівників лабораторії;

- взаємодія із замовником;

- формування звітів, передбачених розробленою системою ISO/IEC 17025:2019;

- підтримка системи якості на рівні лабораторії.

Щодо «Менеджера», то, як показує практика, для ефективної роботи розробленої системи якості ця посада повинна бути, бо керівники напрямків досліджень не приділятимуть необхідних зусиль для забезпечення її актуальності, а лише забезпечуватимуть хвилеподібну підтримку. Таким чином, функціональна активність цього спеціаліста полягатиме у підтримці актуальності процедур та документації системи ISO/IEC 17025:2019 лабораторії:

- періодичний моніторинг записів лабораторії;

- організація внутрішніх аудитів лабораторії;

- робота з керівниками напрямків щодо покращення системи менеджменту;

- участь у розробці документації при впровадженні нових методів;

- підготовка лабораторії до сертифікаційних та десертифікаційних зовнішніх аудитів.

Наступною ланкою у структурі лабораторії є «Інженер-хімік» та «Бактеріолог», які виконують однакові функції лише, відповідно, у своїх напрямках досліджень:

- проведення аналізів складнішого характеру;

- участь у впровадженні нових методів дослідження продукції;

- участь у впровадженні нового обладнання у лабораторно-му дослідженні;

- розробка та реалізація методів валідації та калібрування обладнання в лабораторії;

- допомога в роботі, відповідно, хіміку та мікробіологу;

- в плані управлінської діяльності – заміна керівника напрямку на момент його відсутності.

«Хіміки» та «Мікробіологи» здійснюють рутинні дослідження наданої продукції, дотримуючись всіх вимог методу. Отримані дані, згідно вимог системи ISO/IEC 17025:2019, документують у відповідні форми та надають керівнику відділу для їх верифікації.

Окрім проведення дослідження продукції, на працівників лабораторії покладено не менш важливі обов'язки щодо підтримання впровадженої системи, про що вказано у документі ISO/IEC 17025:2019:

- виявлення відхилень від системи менеджменту або процедур виконання лабораторної діяльності;
- ініціювання заходів щодо запобігання або мінімізації таких відхилень;
- формування звітної інформації про функціонування системи менеджменту та будь-які потреби для покращення.

Одним з найбільш важливих розділів ISO/IEC 17025:2019 є **«Вимоги до ресурсів»**, який акумулює в собі вимоги до лабораторії, які регулюють її функціонування:

1. вимоги до персоналу лабораторії;
2. вимоги до приміщення та умов зовнішнього середовища;
3. вимоги до обладнання;
4. вимоги до метрологічної простежуваності;
5. вимоги до продукції та послуг від зовнішніх постачальників.

1. *Вимоги до персоналу лабораторії.* Згідно вимог до акредитованої лабораторії, весь персонал, як внутрішній, так і зовнішній, повинен бути компетентним для забезпечення точності досліджень, здійснювати свою діяльність неупереджено та відповідно до вимог системи менеджменту в лабораторії. Для забезпечення компетентності персоналу лабораторії її керівники формують вимоги щодо кваліфікації та освітнього рівня працівників при їх найму на роботу. Окрім цього, у системі менеджменту повинна бути створена система навчання та адаптації нових працівників. Окрім цього, керівництво лабораторії повинно довести до працівників лабораторії їхні обов'язки, відповідальність та повноваження. Зазвичай, вся ця інформація акумулюється в одному документі – «Посадова інструкція», яка містить такі основні розділи:

1. «Загальні положення», які містять опис структури та підпорядкування працівника згідно структури лабораторії.

2. «Знання та кваліфікаційні вимоги» до посади працівника лабораторії. В цьому пункті документу надаються вимоги до:

- рівня освіти працівника;

- наявного досвіду роботи;
- розширений перелік вимог до необхідних знань працівника;
- загальні завдання та обов'язки працівника на цій посаді;
- додаткові вимоги до посади, за потреби.

3. Перелік документів, які регламентують та регулюють діяльність працівника на цій посаді.

4. Чіткий і лаконічний перелік завдань та обов'язків працівника.

5. Чіткий і лаконічний перелік прав працівника.

6. Опис відповідальності працівника лабораторії, який займає цю посаду.

7. Прикінцеві положення.

Окрім посадових інструкцій, керівництво повинно розробити і впровадити процедуру управління персоналом, в якій відобразить етапи підбору персоналу, його адаптацію і навчання, проведення атестації для підтвердження компетенції та подальший розвиток кваліфікації працівника. Цей документ формується, як зазначено вище, у вигляді процедури, яка містить такі структурні елементи:

1. Мета цього документу;
2. Сфера застосування;
3. Логіграма або блок-схема процесу;
4. Додаткова інформація до процесу;
5. Перелік документів, які застосовуються в цій процедурі.

Для прикладу наведемо основні два елементи цієї процедури, а саме блок-схему (рис. 5.11) та додаткову інформацію для пояснення кожного елемента процесу. Опис кожного структурного блоку блок-схеми повинен бути присутній в процедурі для короткого, але повноцінного опису цього процесу. Незважаючи на те, що це є додаткова інформація вона є потрібна для формування однозначного уявлення працівників про процес, що забезпечить не лише ефективну роботу колективу лабораторії, а й дозволить проходити аудити контролюючих органів без зауважень. Загалом, це позитивно відобразиться на репутації лабораторії та, відповідно, її конкурентоздатності.

Вихідним моментом для запуску процесу підготовки персоналу є аналіз необхідності в працівниках, яку надає керівник лабораторії. Такий запит формується:

- у разі зниження якості роботи лабораторії через зростання запитів на дослідження;
- впровадження нових методів дослідження чи об'єктів аналізу продукції;

- не відповідність кваліфікації працівника займаній посаді;
- наявність вакантної посади в лабораторії.

На основі цього керівник лабораторії формує запит службі HR для підбору кандидатів на наявну посаду згідно вимог, передбачених у «Посадовій інструкції».

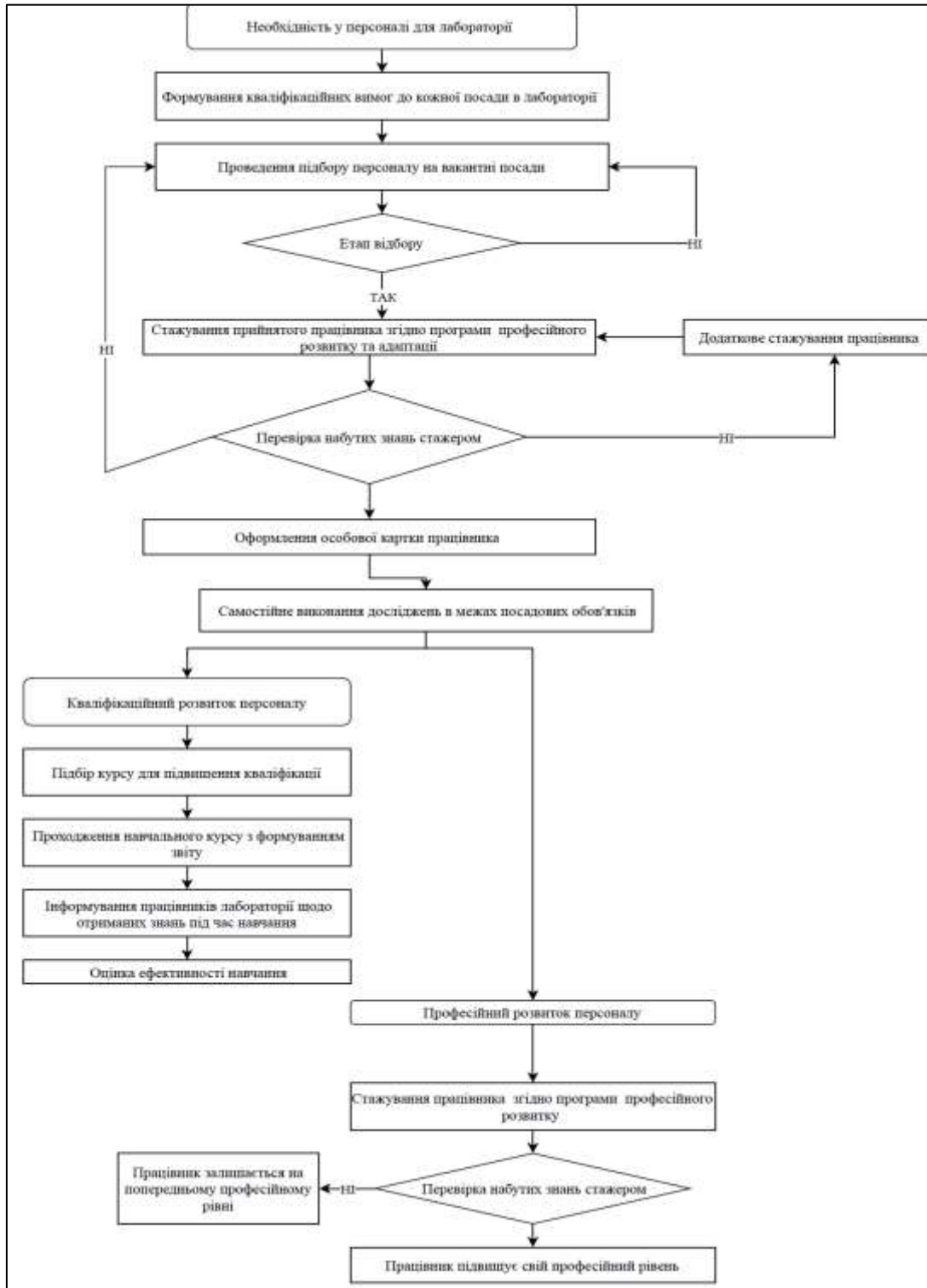


Рис. 5.11. Приклад логіграми процесу управління персоналом в лабораторії

Джерело: розроблено автором

Якщо ж підбір персоналу пов'язаний з відкриттям нової посади, то відбувається проміжний етап – формування кваліфікаційних вимог. Цей процес є важливим для підбору кандидатів необхідної рівня знань, що дозволить оперативно відновити якісну роботу лабораторії.

На основі кваліфікаційних вимог до посади працівники служби HR підбирають кандидатів, які проходять «Етап відбору». Найчастіше він складається з двох етапів:

- аналіз особистісних якостей кандидата (soft skills);
- аналіз кваліфікаційних якостей кандидата (hard skills);

Аналіз «soft skills» здійснюють працівники служби HR, а перевірку «hard skills» проводить керівник напряму. Перевірка цих навичок проводиться за допомогою тестування, для перевірки переважно особистісних якостей кандидата, а кваліфікаційний рівень аналізується на одному з робочих місць на прикладі проведення одного або декількох досліджень. Така перевірка навиків кандидата дозволяє швидко та об'єктивно оцінити як теоретичний рівень знань, так і практичні навички і сформулювати висновок про необхідність повторного пошуку кандидату чи закриття вакантної посади для служби HR.

Наступним етапом є проведення стажування працівника у лабораторії для забезпечення його ефективної роботи на робочому місці. Цей процес розділений, умовно, на дві частини: адаптація працівника до вимог та принципів роботи лабораторії та професійний розвиток працівника для проведення необхідних досліджень на робочому місці. Процес стажування викладений у формі «Програми професійного розвитку та адаптації» (табл. 5.13).

«Програми професійного розвитку та адаптації» окрім назви тем навчання містить «тип навчання» та «відмітку про завершення навчання», останній пункт особливо важливий, адже забезпечує безперервний контроль успішності навчання стажера та дозволяє без втрати значного періоду часу оцінити потенціал працівника.

Останнім етапом навчання стажера є його атестація, яку проводить керівник підрозділу разом з інженером-хіміком, хіміком, керівником іншого напряму та представником служби HR, такий перелік членів атестаційної комісії дозволяє всесторонньо перевірити теоретичні знання та навички стажера. Результатом цієї перевірки є допущення стажера до самостійної роботи у лабораторії, тобто переведення його на посаду хіміка, або надання йому додаткового часу для навчання. Після цього відбувається

повторний процес атестації, згідно результатів якого керівник напрямку приймає рішення щодо прийняття стажера на вакантне місце чи відновлення вакантного місця для пошуку працівниками служби HR. Кожна «Програма професійного розвитку та адаптації» зберігається в архіві служби управління персоналом для забезпечення прослідковуваності та підтвердження об'єктивності оцінки потенційного персоналу лабораторії.

Таблиця 5.13

Приклад форми «Програми професійного розвитку та адаптації»

Етап 1. Адаптація стажера	Тема навчання	Тип навчання	Відмітка про завершення навчання
Етап 2. Професійний розвиток стажера	1. Ознайомлення з політикою та цілями лабораторії	Самостійно	
	2. Ознайомлення зі структурою лабораторії та робочими місцями	Екскурсія з керівником	
	3. Ознайомлення з посадовими обов'язками	Самостійно	
	4. Ознайомлення з вимогами системи ISO/IEC 17025:2019	Самостійно	
	5. Проведення інструктажу з охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки	Керівник напрямку	
Етап 2. Професійний розвиток стажера	1. Ознайомлення з переліком атестованих методик лабораторії	Керівник напрямку	
	2. Методи визначення масової частки жиру в молочній сировині та продуктах (теоретичний етап)	Самостійно у формі презентації	
	2.1. Методи визначення масової частки жиру в молочній сировині та продуктах (практичний етап): – кислотний метод Гербера (рутинний метод); – екстракційний метод (арбітражний метод);	Практичне заняття з керівником напрямку	
	3. Методи визначення масової частки білка в молочній сировині та продуктах (теоретичний етап)	Самостійно у формі презентації	
	3.1. Методи визначення масової частки білка в молочній сировині та продуктах (практичний етап): – фотометричний метод Фоліна; – метод К'ельдаля;	Практичне заняття з керівником напрямку	
	4. Атестація	Керівник напрямку	

Джерело: розроблено автором

Після успішної здачі атестації стажера переводять на посаду «хіміка» та ще раз ознайомлюють з його посадовими обов'язками. Останнім етапом цього процесу є оформлення особової картки працівника в службі HR.

Тим не менш, процес управління персоналом, представлений на рисунку 5.11, передбачає розвиток працівників лабораторії як

в кваліфікаційному, так і професійному плані. Кваліфікаційний розвиток персоналу лабораторії передбачає щорічне проходження професійних курсів, які забезпечують підвищення їх наукових знань. Тематику курсів працівники лабораторії можуть обирати самостійно, якщо вона дотична до напрямку роботи лабораторії, або їх надасть керівник напрямку. Важливою умовою процесу підвищення кваліфікації працівника є не лише індивідуальне успішне його проходження, що підтверджується дипломом чи сертифікатом, а й формування стислої інформації про курс та ознайомлення з ним інших працівників лабораторії. Цей етап дозволяє забезпечити доступ усіх працівників лабораторії до загальної бази знань та забезпечити впровадження передових технологій у всіх напрямках її діяльності. Окрім цього, кожен працівник розвиває свої комунікативні здібності, що дозволяє забезпечити високий рівень його вербальної взаємодії із замовником чи аудитором.

Останнім етапом підвищення кваліфікації персоналу є оцінка цього процесу керівником напрямку. Ця робота керівника не є простою формальністю, адже дозволяє оцінити співробітників не лише з точки зору індивідуального наукового розвитку, а й зрозуміти їхні організаційні здібності, які необхідні при професійному розвитку працівників лабораторії.

Іншим напрямком розвитку персоналу є професійний ріст, пов'язаний з набуттям додаткових компетенцій як в сфері менеджменту, так і нових кваліфікацій. Зміна посади працівника може бути обумовлена необхідністю, обумовленою наявністю вакансії, або для мотивування персоналу, який може бути підготовлений для формування внутрішнього резерву.

Підготовка персоналу здійснюється за заздалегідь узгодженою «Програмою професійного розвитку», яка містить замість «Етап 1. Адаптація стажера» перелік компетенцій, які повинен набути працівник в сфері менеджменту. Аналогічно з «Програмою професійного розвитку та адаптації» на «Етапі 2. Професійний розвиток» знаходитиметься перелік компетенцій, які повинен набути працівник для виконання обов'язків, передбачених займаній посаді. Процес стажування завершується перевіркою набутих знань і, відповідно, підтвердженням компетенції працівника і переведенням його на іншу посаду, або його залишенням на попередньому професійному рівні з можливістю повторного навчання не раніше ніж за один рік.

2. *Вимоги до приміщення та умов зовнішнього середовища.* Наступним елементом стандартизації процесу досліджень є умови їх дослідження, а саме температура, волога, а для деяких хімічних аналізів – атмосферний тиск. Наприклад, згідно ДСТУ 7471:2013 «Визначення хлорамфеніколу за допомогою рідинного хроматографа з подвійним мас-спектрометричним детектором» температура навколишнього середовища – 16–27°C, атмосферний тиск – 630–800 мм.рт.ст., відносна вологість повітря при 20°C – 40–80%, напруга в електричній мережі живлення – 210–230 В, частота – 50±1 Гц. Для забезпечення постійного моніторингу цих параметрів керівник напрямку повинен розробити протокол для реєстрації цих параметрів, що слугуватиме підтвердженням виконання вимог ISO/IEC 17025:2019.

3. *Вимоги до обладнання.* На сьогодні, практично, всі дослідження молочної продукції є інструментальними, тобто, як мінімум, детекція результатів аналізу здійснюється за допомогою лабораторного обладнання. Застосування такого підходу зменшує допустимі межі розбіжності, тобто, забезпечує високий показник точності, знижує «людський фактор» впливу на результати аналізу та скорочує час проведення дослідження, саме тому все більше з'являється удосконалень до наявних моделей обладнання або розробка новітніх приладів. Наприклад, інфрачервоний аналізатор компанії FOSS «MilkoScan FT3» дозволяє за 1хв встановити такі показники молока незбираного:

- масова частка жиру, %;
- масова частка білка, %;
- масова частка лактози, %;
- масова частка сухих речовин, %;
- масова частка сухого знежиреного сухого залишку, %;
- масова частка сечовини, мг/100мл;
- густина, г/дм³;
- титрована кислотність, °Т;
- точка замерзання, м⁰С⁻¹;

Для забезпечення закупівлі обладнання у лабораторію згідно вимог ISO/IEC 17025:2019 керівники кожного напрямку розробляють окрему процедуру щодо підбору та введення в експлуатацію нового обладнання. Зазвичай, ця процедура називається «Процедура закупівлі обладнання», основою якої складає блок-схема або логіграма процесу (рис. 5.12).

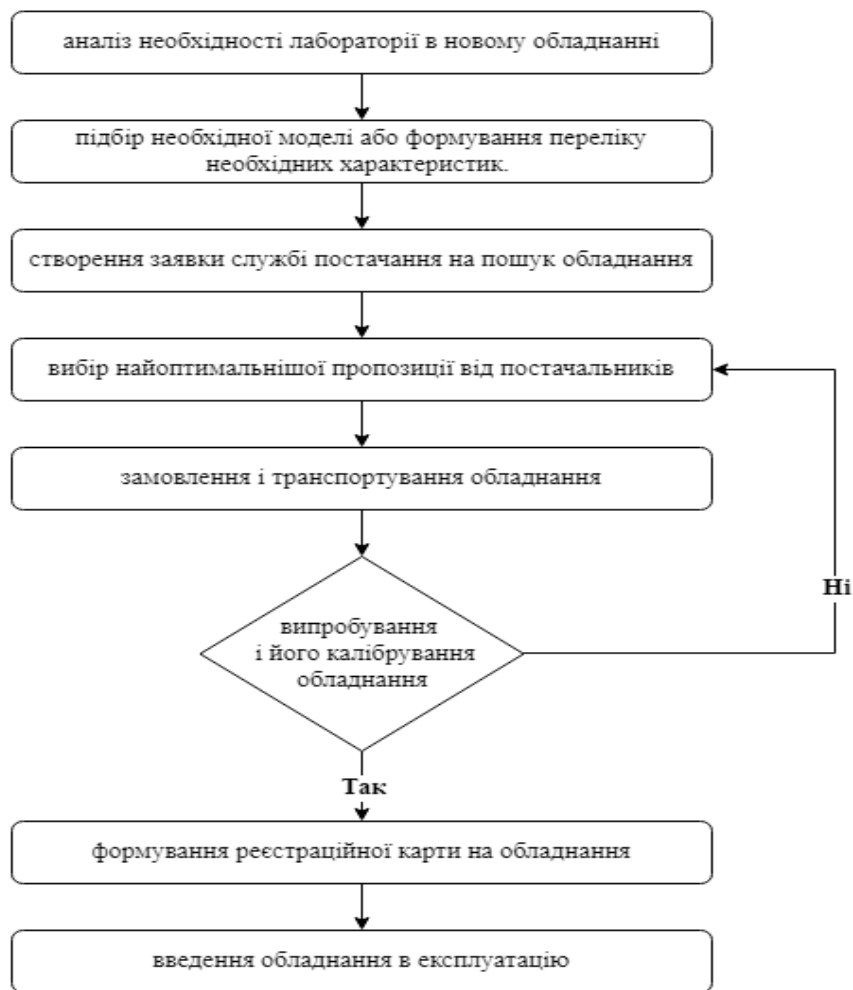


Рис. 5.12. Приклад блок-схеми процесу управління закупівлі обладнання

Джерело: розроблено автором

Первинним етапом процесу закупівлі обладнання в лабораторії є аналіз керівником напрямку процесу здійснення досліджень. На основі даних щодо кількості замовлень на аналіз окремого показника чи об'єкту дослідження або тенденції зниження якості проведених аналізів приймається рішення про закупку необхідного обладнання. Для реалізації наступних етапів блок-схеми керівник напрямку надає керівнику лабораторії подання з обґрунтуванням необхідності закупівлі лабораторного інструментарію.

Після погодження подання керівник напрямку здійснює підбір необхідного обладнання або формує запит до компаній постачальників з переліком необхідних характеристик лабораторного інструментарію. Основними критеріями вибору є:

- точність дослідження (значення повторюваності);
- ступінь автоматизації процесу дослідження;

- необхідні розхідні матеріали для забезпечення ефективної роботи обладнання;
- технічне обслуговування обладнання;
- можливість використання обладнання для проведення арбітражних методів дослідження.

Наступним кроком є створення заявки для служби постачання щодо пошуку компаній для закупівлі цього обладнання або підбору моделей техніки, які б відповідали сформованим технічним вимогам. На основі отриманих комерційних пропозицій проводиться обговорення фінансової сторони придбання обладнання (відтермінування оплати, оплата частинами, тощо) та відповідності представлених моделей запиту. Після погодження усіх деталей служба постачання готує угоду з постачальником обладнання, куди обов'язково повинен бути включений пункт щодо його транспортування. Цей елемент угоди є важливий, бо усе сучасне обладнання побудоване на основі системи детекції, яка чутлива до будь-якої вібрації. У разі не відповідного перевезення в процесі першого калібрування приладу виникнуть проблеми, які може усунути лише сервісний інженер.

Як зазначено вище, після доставки обладнання відбувається його первинний запуск для перевірки відповідності роботи усіх модулів та калібрування. Процес калібрування здійснюється за допомогою стандартних взірців, отриманих з акредитованої лабораторії, які мають відповідні супровідні документи, а показники об'єкту аналізу дослідженні арбітражним методом з відповідною точністю. Після цього проводиться перевірка повторюваності для підтвердження відповідності роботи приладу.

По завершенню усіх етапів тестування лабораторного пристрою можна зробити висновок про його придатність та оформити «реєстраційну картку», яка містить таку інформацію:

- назва обладнання з номером версії та програмним забезпеченням;
- країна виробник та серійний номер;
- протокол первинної перевірки справності обладнання та калібрування;
- місце розміщення обладнання та його інвентаризаційний номер;
- графік калібрування обладнання з відповідними сертифікатами, які містять дані щодо критеріїв прийнятності;

- документацію на референтні матеріали, результати та критерії прийнятності, відповідні дати і терміни придатності;
- графік технічного обслуговування, відомості про несправність та, відповідно, ремонт чи заміну комплектуючих.
- інформація про модифікацію обладнання – інсталяцію додаткових модулів чи детекторів.

Лише після цього можна вводити обладнання в експлуатацію.

4. *Вимоги до метрологічної простежуваності.* Реалізація цієї вимоги є вкрай важлива для забезпечення достовірних результатів дослідження в лабораторії. Згідно ISO/IEC Guide 99 під «метрологічною простежуваністю» розуміють властивість результату вимірювання за допомогою якої цей результат можна пов'язати з еталонним через задокументований неперервний ланцюг калібрувань, кожне з яких робить свій внесок у невизначеність вимірювань. Таким чином, лабораторія повинна мати не лиш еталонні взірці для проведення калібрування, а й форми для документування цього процесу (табл. 5.14), щоб засвідчити систематичність цього процесу та забезпечення встановлених допустимих меж відхилення.

Таблиця 5.14

Приклад форми записів калібрування лабораторного обладнання

Дата	Параметр	Контрольний взірець	Сертифіковане значення	Вимірне значення до калібрування	Коефіцієнт градуовальної кривої до калібрування	Поправочний коефіцієнт	Коефіцієнт градуовальної кривої після калібрування	Вимірне значення після калібрування	П.І.Б працівника
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.11	Масова частка жиру, %	так	3,54	3,58	+0,03	-0,04	-0,01	3,55	Сеник Юрій
11.11	Масова частка білка, %	так	3,25	3,22	-0,02	+0,03	+0,01	3,25	Сеник Юрій

Джерело: розроблено автором

Основною вимогою стандарту ISO/IEC 17025:2019 є забезпечення простежуваності результатів лабораторних вимірювань до Міжнародної системи одиниць (SI), тобто до значень метричної системи. Для реалізації цієї вимоги можна використати:

- 1) калібрування обладнання іншою компетентною лабораторією з документацією цього факту у сертифікаті;

2) використання працівниками лабораторії для калібрування обладнання сертифікованих референтних матеріалів з визначеною та зафіксованою у сертифікаті метрологічною простежуваністю до одиниць SI. Таким чином, лабораторія може використовувати референтні матеріали іншої акредитованої лабораторії, яка відповідає вимогам ISO 17034-2021.

3) працівники лабораторії можуть використати національні або міжнародні еталони для перевірки відповідності даних.

5. *Вимоги до продукції та послуг від зовнішніх постачальників.* Згідно вимог ISO/IEC 17025:2019 працівники лабораторії повинні забезпечити використання лише придатної зовнішньої продукції та послуг, що впливають на лабораторну діяльність. Усі засоби для проведення лабораторних досліджень повинні бути повірені для забезпечення точності проведення досліджень. Аналогічно, усі послуги, які отримує лабораторія, повинні забезпечити дотримання рекомендацій до методів досліджень або підвищення якості надання послуг.

Керівництво лабораторії повинно розробити процедуру вибору та управління постачальниками і дотримуватися її. У цьому документі повинно бути описано всі етапи – від першого вибору постачальника до систематичного аналізу виконання умов договору та якості наданої ним продукції або послуг. Процедура вибору та управління постачальниками, як і всі інші, побудована згідно вимог ISO/IEC 17025:2019, містить блок-схему та коротке пояснення до кожного з етапів процесу, приклад такої блок-схеми представлений на рисунку 5.13.

Вхідним «сигналом» для вибору постачальника товаро-матеріальних цінностей лабораторії (ТМЦА) є необхідність в постачанні нової номенклатури товару або впровадження диверсифікації для зменшення монопольного впливу одного з дистриб'юторів товару. Для цього керівник напряму лабораторії надає перелік необхідних ТМЦА працівникам служби постачання для пошуку альтернативних постачальників. На основі отриманих результатів підбору відбувається їх оцінка згідно із затвердженими критеріями (табл. 5.15).

На основі цих критеріїв відбувається вибір потенційного постачальника реактивів або обладнання для лабораторії та з ним укладається договір. Кожна поставка реактивів чи обладнання піддається вхідному контролю, на основі якого формується висновок про відповідність наданих матеріалів.

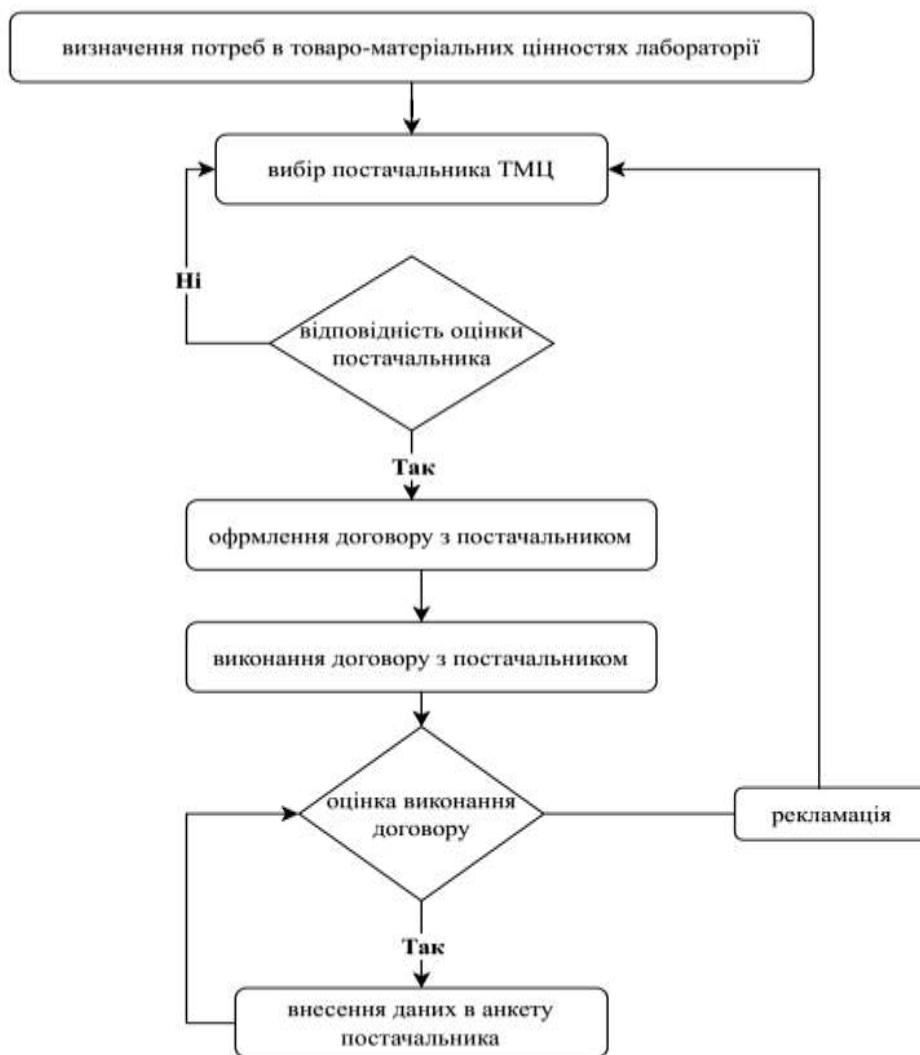


Рис. 5.13. Приклад блок-схеми процедури вибору та управління постачальниками

Джерело: розроблено автором

У разі невідповідності керівник лабораторії формує реакламацію, де вказує невідповідність отриманого матеріалу чи обладнання. У разі систематичного надання реакламацій одному постачальнику, загальна кількість визначається керівником лабораторії, приймається рішення відмовитися від співпраці з ним та розглянути співробітництво з іншими компаніями.

Для забезпечення простежуваності даних щодо постачання реактивів та обладнання, тобто співпраці з компаніями-постачальниками, лабораторія формує «Анкету постачальника». У ній знаходиться основна інформація про компанію, вказуються дані про закупівлю реактивів чи обладнання, а також про їх відповідність та формування реакламацій. Таким чином, можна проаналізувати історію співпраці з постачальником та надати вичерпне пояснення припинення співпраці з ним.

Приклад критерій оцінки постачальника

Критерії оцінки постачальника	Максимальна кількість балів	Фактична оцінка
1. Робота постачальника з міжнародними компаніями-виробниками реактивів	так – 2 бали ні – 1 бал	
2. Отримання реактивів під замовлення необхідної чистоти	так – 2 бали ні – 1 бал	
3. Можливість постачання прекурсорів	так – 2 бали ні – 1 бал	
4. Робота з постачальником без передоплати	так – 2 бали ні – 1 бал	
5. Можливість відтермінування платежів	≤ 30 днів – 1 бал ≤ 60 днів – 2 бали ≥ 90 днів – 3 бали	
6. Власний логістичний відділ з доставкою замовлень	так – 2 бали ні – 1 бал	
7. Можливість формування буферного складу реактивів на базі площ постачальника	≤ 120 днів – 1 бал ≤ 150 днів – 2 бали ≥ 180 днів – 3 бали	
8. Співпраця з світовими виробниками лабораторного обладнання	так – 2 бали ні – 1 бал	
9. Організація транспортування обладнання від виробника до замовника	так – 2 бали ні – 1 бал	
10. Наявність штату спеціалістів для проведення навчання та консультації щодо роботи з лабораторним обладнанням в різних напрямках аналітичної хімії та впровадження окремих методів дослідження	так – 2 бали ні – 1 бал	
11. Наявність підрядних організацій по обслуговуванню лабораторного обладнання	так – 2 бали ні – 1 бал	
12. Виготовлення лабораторних меблів під замовлення	так – 2 бали ні – 1 бал	
13. Наявність підрядних організацій по монтажу лабораторних меблів	так – 2 бали ні – 1 бал	
14. Організація симпозіумів та семінарів для демонстрації новітнього лабораторного обладнання	так – 2 бали ні – 1 бал	
15. Наявність виставкового центру з демонстраціями лабораторного обладнання	так – 2 бали ні – 1 бал	
Загальна сума балів після оцінки постачальника		
<p>Результати оцінки постачальника: 32–31 бал – відмінно 30–29 балів – задовільно <28 балів – не задовільно У разі наявності 1 балу за одного з критеріїв № 1–3 постачальник далі не оцінюється.</p>		

Джерело: розроблено автором

Також необхідно зазначити, що окрім прослідковуваності щодо роботи обладнання керівник напрямку лабораторії повинен забезпечити наявність даних щодо реактивів, які використовуються у роботі лабораторії. Для цього, працівники повинні здійснювати вхідний контроль якості реактивів згідно розробленої інструкції, а результати записувати у відповідну форму (табл. 5.16). Процес аналізу якості реактивів є надзвичайно важливий для забезпечення не лише точності отриманих даних, а й достовірних загалом, особливо це стосується встановлення мікрокількостей токсикантів в органічному матеріалі. Не менш важливим питанням є чистота реактивів, особливо при арбітражному визначення вмісту білка в молочній сировині чи готовому продукті, адже метод К'ельдаля встановлює загальну кількість Нітрогену. Саме тому наявність нітроген-вмісних домішок в одному з реактивів може вплинути на загальний результат, незважаючи на те, що використовується холоста проба.

Таблиця 5.16

Приклад форми записів результатів вхідного контролю реактивів

Дата	Назва реактиву	Виробник	Постачальник	Дата виробництва	Термін придатності	№ партії виробника	№ партії по складу лабораторії	Чистота реактиву	Маса/об'єм реактиву	Відповідність вхідного контролю	Корегувальну дію	П.І.Б.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11.11.22	Сульфатна кислота 93,6%	ТОВ «Сумхіміпром»	ХАР	10.10.2022	3 роки	115/10/22	ПЗ	ХЧ	1050кг	відповідає	відсутні	Сеник Юрій

Джерело: розроблено автором

В цьому розділі ISO/IEC 17025:2019 «Вимоги до процесу» прописано загальні вимоги до організації процесу дослідження наданих замовником проб. Загалом, цей розділ є найбільшим і складається з 11 підрозділів:

1. Аналізування запитів, тендерів та договорів;
2. Вибір, верифікація та валідація методів;

3. Відбирання зразків;
4. Поводження з об'єктами для випробування або калібрування;
5. Технічні записи;
6. Оцінювання невизначеності вимірювання;
7. Забезпечення достовірності результатів;
8. Звітування про результати;
9. Скарги;
10. Невідповідна робота;
11. Управління даними та інформацією.

1. *Аналізування запитів, тендерів та договорів.* Для забезпечення ефективної та стабільної роботи із замовниками акредитована лабораторія повинна розробити процедуру їх управління. Вона повинна містити чіткі вимоги до замовника та працівників лабораторії, а також бути зрозумілою для всіх сторін угоди (рис. 5.14).



Рис. 5.14. Приклад блок-схеми процесу співпраці з клієнтом

Джерело: розроблено автором

Вхідними даними для проведення досліджень у лабораторії є запит від замовника, в якому він повинен вказати:

1. назву об'єкта досліджень;
2. взірці будуть надані чи необхідно проводити відбір працівникам лабораторії;

3. перелік показників, які необхідно встановити;
4. з ініціативи замовника, перелік методів аналізу;
5. форма надання результатів дослідження.

На основі цієї інформації керівник лабораторії з керівником напряму приймають рішення про можливість здійснення вказаних замовником досліджень. У разі необхідності керівник напряму в особистому спілкуванні з клієнтом уточнює необхідні деталі для забезпечення максимального виконання замовлення. Зазвичай, такі уточнення пов'язані з узгодженням методу дослідження, а саме його точності, та формою надання результатів дослідження. Надзвичайно важливо узгодити усі аспекти щодо дослідження наданих взірців до моменту початку аналізу, адже це зумовить, по-перше, перепідписання угоди, а, по-друге – втрати ресурсів лабораторії на проведення не потрібних замовнику досліджень. Результатом узгодження усіх аспектів виконання досліджень є створення угоди з клієнтом, яка окрім метрологічних умов, передбачатиме фінансову сторону та часові рамки виконання замовлення.

Після проведення передбачених угодою досліджень згідно обумовленої методики керівник напряму здійснює аналіз отриманих даних та формує протокол випробувань. Цей документ містить не лише абсолютні значення досліджуваних показників, а й значення розширеної невизначеності та методу аналізу. Окрім цього, містить короткий опис об'єкту дослідження, ім'я замовника та, згідно умов контракту, метод відбору проби для дослідження. Сформований протокол надається замовнику, який може звернутися до лабораторії за додатковою консультацією щодо інтерпретації отриманих даних. Керівник лабораторії зобов'язаний надати відповідь на запит від замовника, але не може робити узагальнення, які пов'язані з екстраполяцією результатів дослідження наданого взірця замовника на всю партію продукту.

2. *Вибір, верифікація та валідація методів.* Будь-яка акредитована лабораторія у своїй роботі повинна використовувати актуальні арбітражні методи дослідження або ті методи дослідження, які регламентовані у ДСТУ, ТУ, ISO або в інших міжнародних документах, наприклад, Codex Alimentarius. З іншого боку, підбір методу дослідження проби може бути обумовлений замовником та, відповідно, зафіксований у договорі. З іншого боку, вибір методу дослідження здійснює керівник напряму лабораторії і узгоджує його із замовником, при цьому, основними критеріями пошуку є:

- можливість реалізації методу в лабораторії;
- точність методу дослідження;

- виконання поставленого завдання замовником;
- метод аналізу визначається як арбітражний;
- фінансові затрати замовника;
- час проведення досліджень.

Всі методи, які застосовуються в акредитованій лабораторії, повинні пройти етап верифікації – первинного аналізу відповідності результатів дослідження. Керівник напрямку роботи лабораторії, у разі відсутності цього пункту в нормативному документі на метод, повинен розробити, впровадити і задокументувати схему верифікації методу. Окрім первинної перевірки відповідності методу дослідження, керівник напрямку акредитованої лабораторії повинен розробити і впровадити схему верифікації, яка забезпечить контроль якості проведених досліджень та може гарантувати їх точність.

Інших дев'ять підпунктів сьомого розділу ISO/IEC 17025:2019 пов'язані з безпосередньо дослідницькою роботою лабораторії і не представляють такої цікавості для цього огляду.

Для формування загального поняття про впровадження системи НАССР та реалізація цього елементу в акредитованій лабораторії необхідно проаналізувати п. 8.3. «Управління документами системи менеджменту». Розроблену схему роботи з документацією можна представити за допомогою блок-схеми на рис. 5.15.

Основними елементами блок-схеми, на які необхідно звернути увагу, є, в першу чергу, розробка форми записів, яка повинна містити колонтитул з точною ідентифікацією документу:

- назва документу;
- номер форми документу згідно переліку документообігу;
- номер редакції;

Необхідно додати, що будь яка форма згідно принципів НАССР повинна мати власний номер згідно документообігу в лабораторії, наприклад, Ф 01-01. Такий принцип необхідний для контролю актуальності всіх форм записів, а також для їх ідентифікації для працівників.

Ще одним елементом, на якому необхідно зупинитися є поширення та використання форми записів, для цього кожному працівнику лабораторії надсилається повідомлення про нову форму чи нову її редакцію, що забезпечить його ознайомлення з отриманою інформацією, а також автоматично ініціює її застосування в роботі. Окрім цього, необхідно забезпечити єдине електронне схо-

вище для офіційних форм записів лабораторії та доступ до нього кожного працівника, що дозволить використовувати лише актуальні форми та не порушувати вимоги НАССР.

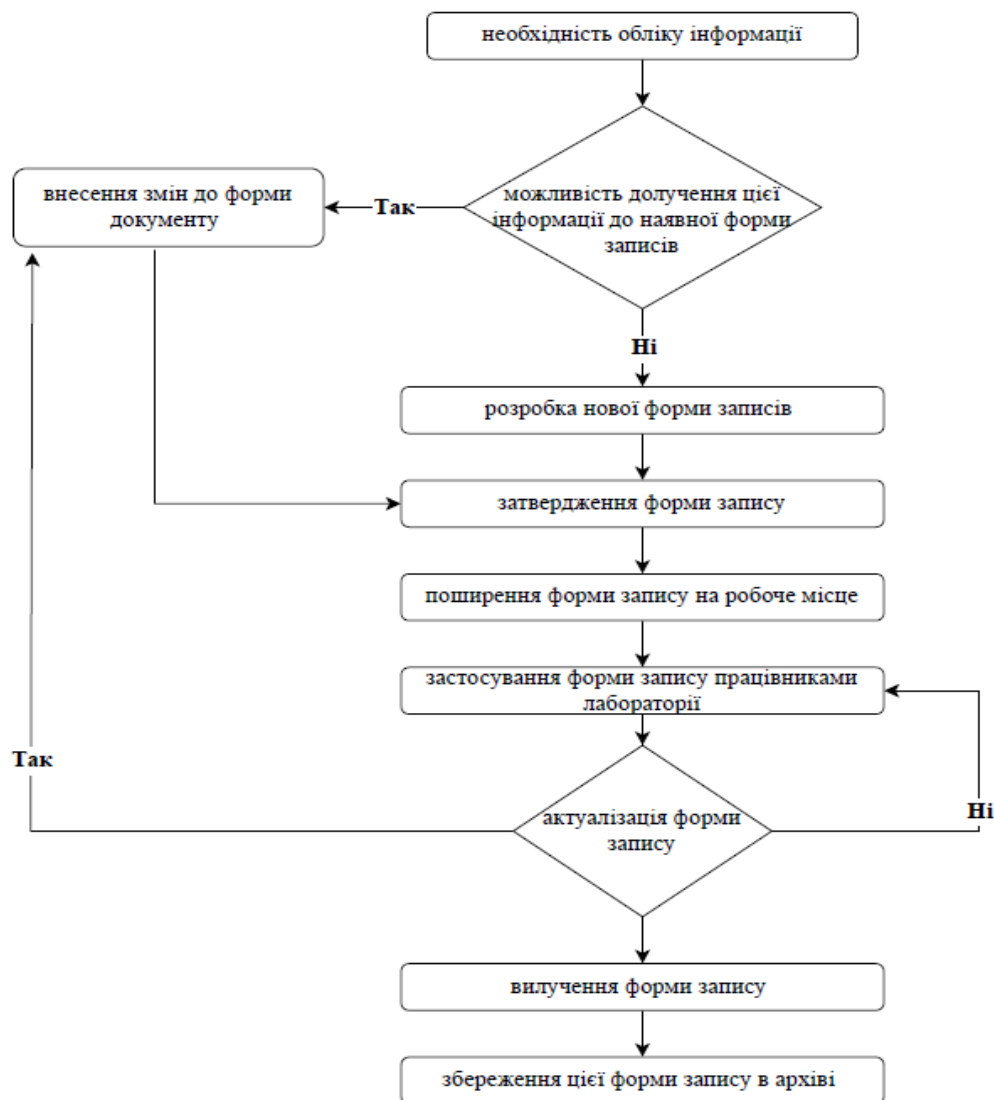


Рис. 5.15. Приклад блок-схеми процесу роботи з документацією

Джерело: розроблено автором

Останнім елементом блок-схеми на який необхідно звернути увагу, є «актуалізація форми записів». Цей елемент, окрім передбаченого системою НАССР періоду часу перегляду актуальності документу керівником напряму, передбачає можливість внесення змін і працівниками лабораторії, для цього вони можуть заповнити необхідну форму та надати її на розгляд керівнику напряму. Така практика забезпечить максимальну зручність ведення записів персоналом лабораторії зі збереженням вимоги щодо прослідковуваності усіх даних.

Висновки до розділу 5

1. Існує ряд підходів до впровадження системи НАССР, які залежать від виробничого процесу на підприємстві та регіону розміщення компанії. Іноді через складність виробничого процесу простіше розробити різні плани НАССР – впроваджені КТК та розроблені для їх управління заходи. У разі впровадження такого шляху розробки системи важливо забезпечити належний зв'язок між різними планами НАССР, що забезпечить регульовану систему. Також важливо, щоб впроваджена система охоплювала і алгоритм виправлення браку та можливої пост-технологічної обробки продукту.

2. Загальні затрати на впровадження системи НАССР залежатимуть від стану виробничого цеху, технічного стану обладнання, на якому здійснюється виготовлення продукції, кваліфікації працівників та рівня впровадження дослідження фізико-хімічних та мікробіологічних показників у сировині та готовому продукті.

3. Так, як єдиним джерелом інформації, на основі якої можна зробити висновок про відповідність сировини чи продукту, є результати аналізів, то впевненість у їх достовірності може забезпечити підтвердження точності застосовуваного методу. На сьогодні, таким способом підтвердження відповідності отриманих даних є акредитація лабораторій за стандартом ISO/IEC 17025:2019, який являє собою розроблений спосіб визначення компетенції лабораторій щодо точності результатів їх досліджень.

4. Впровадження системи управління якістю у виробничій лабораторії є одним із дієвих способів показати, що дані досліджень є достовірними, а тому на них можна поклатися при прийнятті на їх основі рішень. З іншого боку, стандартизація процесів лабораторного аналізу гарантує клієнту точність отриманих даних, а можливі помилки в результатах тестування зведені до мінімуму. Окрім цього відповідно до загальних вимог системи НАССР можна здійснити простежуваність всіх етапів лабораторного дослідження, можливість попередження помилок шляхом впровадження превентивних дій та можливість ініціювати коригувальні дії при виявленні помилок.

Література

1. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2019]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 8 с.
2. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (HACCP)» від 01.10.2012. № 590. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1704-12#Text>.
3. An international future for standards of HACCP training / Williams A. P. et al. *Food Control*. 2003. Vol. 14. P. 111–112.
4. Antle J. M. The cost of quality in the meat industry: implications for HACCP regulation. *Conference on Economics of HACCP*. 1998. Research Discussion Paper No. 17. P. 1–24.
5. Application of indicators and quality index as a tool for critical analysis and continuous improvement of laboratories accredited against ISO/IEC 17025. / Catini R. H. et al. *Accreditation and Quality Assurance*. 2015. Vol. 20(5). P. 431–436.
6. Aspects of the hazard analysis critical control point system (workshop on training). Geneva. 1995. 31 p. URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/63264/WHO_FNU_FOS_96.3.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
7. Baş M., Yüksel M., Çavuşoğlu T. Difficulties and barriers for the implementing of HACCP and food safety systems in food businesses in Turkey. *Food Control*. 2007. Vol. 18. P. 124–130.
8. Codex Alimentarius Commission. *Procedural Manual*. Section IV. Risk Analysis, 21st ed. FAO/WHO, Rome. 2019. URL: <https://www.fao.org/3/ca2329en/ca2329en.pdf>.
9. Commission Notice on the implementation of food safety management systems covering prerequisite programs (PRPs) and procedures based on the HACCP principles, including the facilitation/flexibility of the implementation in certain food businesses. *Off. J. Eur. Union C*. 2016. 278 p.
10. Dean K. H. HACCP and food safety in Canada. *Food Technology*. 1991. Vol. 44(5). P. 172–178.
11. Dzwolak W. HACCP in small food businesses – the Polish experience. *Food Control*. 2014. Vol. 36. P. 132–137.
12. Effectiveness and performance of HACCP-based programs / Cormier R. J. et al. *Food Control*. 2007. Vol. 18. P. 665–671.
13. Elgharib M. E., Al-mijrab A. S. An Investigation into the Barriers Affecting the Adoption of ISO/IEC 17025 Certification in Arabic Countries: A Case Study of Libyan Research Centers and Laboratories (LRCL). *ST-1: ISO & TQM for OBOR's Sus. Dev*. 2017. P. 1–9.
14. Frédéric C., Deming W. E. Pragmatism and sustainability. *17th Annual International Deming Research Seminar*. New York: United States. 2011. P. 1–17.
15. Green R. M., Kane K. The effective enforcement of based food safety management systems in the UK. *Food Control*. 2014. Vol. 37. P. 257–262.
16. Grijspaardt-Vink C. European report: HACCP in the EU. *Food Technology*. 1995. 36 p.
17. Hathaway S. C. Harmonization of international requirements under HACCP-based food control systems. *Food Control*. 1995. Vol. 6. P. 267–276.

18. Hathaway S. C., Cook R. L. A regulatory perspective on the potential uses of microbial risk assessment in international trade. *International Journal of Food Microbiology*. 1997. Vol. 36. P. 127–133.
19. Hazard analysis and critical control point principles and application guidelines. National Advisory Committee on the Microbiological Criteria for Foods. *J. Food Prot.* 1998. Vol. 61. P. 762–775.
20. Herath D., Henson S. Barriers to HACCP implementation: evidence from the food processing sector in Ontario, Canada. *Agribusiness*. 2010. Vol. 26(2). P. 265–279.
21. Implication of food safety measures on microbiological quality of raw and pasteurized milk / Nada S. et al. *Food Control*. 2006. Vol. 25. P. 728–731.
22. Importance of HACCP for public health and development: the role of the World Health Organization / Motarjemi Y. et al. *Food Control*. 1996. Vol. 7. P. 77–85.
23. ISO 22000:2005. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. Geneva: International Organization for Standardization 2005. 42 p. URL: https://luk.staff.ugm.ac.id/phk/inherent/UGM-K1-2007/ftp/files/cea/content/ISO_22000_2005_E.pdf.
24. ISO 9001:2015. Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. Geneva: International Organization for Standardization 2015. 40 p. URL: <https://ch97a3a0kw31390rw3nfrzf3-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/11/ISO-9001-2015-Fifth-Edition.pdf>.
25. Kafetzopoulos D. P., Psomas E. L., Kafetzopoulos P. D. Measuring the effectiveness of the HACCP food safety management system. *Food Control*. 2013. Vol. 33. P. 505–513.
26. Kołożyn-Krajewska D., Sikora T. *Food Safety Management. Theory and Practice*. Warsaw: Beck C. H. 2010. 356 p.
27. Manning L., Soon J. M. Mechanisms for assessing risk. *Brit. Food J.* 2013. Vol. 111. P. 460–484.
28. Martínez-Rodríguez A., Carrascosa A. V. HACCP to control microbial safety hazards during winemaking: Ochratoxin A. *Food Control*. 2009. Vol. 20. P. 469–475.
29. Merican Z. Dealing with an expanding global food supply. *Journal of Food Protection*. 1996. Vol. 59. P. 1133–1137.
30. Minor T., Parrett M. The economic impact of the food and drug administration's final juice HACCP rule. *Food Policy*. 2017. Vol. 68. P. 206–213.
31. Moran F., Sullivan C., Keener K., Cullen P. Facilitating smart HACCP strategies with process analytical technology. *Curr. Opin. Food Sci.* 2017. Vol. 17. P. 94–99.
32. Morris C. E. HACCP update. *Food Engineering (July–August)*. 1997. 51–56.
33. Mortimore S. E., Wallace C. A. *HACCP – A Practical Approach*, 3rd ed. New York: Springer Publications. 2013. 475 p.
34. Motarjemi Y., Käferstein F. K. Food safety, HACCP and the increase in foodborne diseases: a paradox? *Food Control*. 1999. Vol. 10. P. 325–333.
35. Passmore S.M. *Laboratory Management Systems: Accreditation Schemes. Encyclopedia of Food Microbiology. Second Edition*. 2014. P. 402–408.
36. Peters R. E. The broader application of HACCP concepts to food quality in Australia. *Food Australia*. 1997. Vol. 49(6). P. 270–274.
37. Powell D. A., Jacob C. J., Chapman B. J. Enhancing food safety culture to reduce rates of foodborne illness. *Food Control*. 2011. Vol. 22. P. 817–822.

38. Ramalho V., Moura A. P., Cunha L. M. Why do small business butcher shops fail to fully implement HACCP. *Food Control*. 2015. Vol. 49. P. 85–91.
39. *Safety Issues in Beverage Production / Edited by Alexandru Mihai Grumezescu, Alina Maria Holban. The Science of Beverages*. 2020. Vol. 18. P. 4.
40. Scott V. N. How does industry validate elements of HACCP plans? *Food Control*. 2005. Vol. 16(6). P. 497–503.
41. Smith-De Waal C. A consumer view on improving benefit/cost analysis: the case of HACCP and microbial food safety. NE-165 conference on Strategy and Policy in the Food System. Washington DC. 1996. 5 p.
42. Sperber W. H. Auditing and verification of food safety and HACCP. *Food Control*. 1998. Vol. 9. P. 157–162.
43. Sperber W. H. HACCP does not work from farm to table. *Food Control*. 2005. Vol. 16. P. 511–514.
44. Sperber W. H. Hazard identification – from quantitative to a qualitative approach. *Food Control*. 2001. Vol. 12. P. 223–228.
45. Stanley R., Knight C., Bodnar F. Experiences and challenges in the development of an organic HACCP system. *NJAS Wagening J. Life Sci*. 2011. Vol. 58. P. 117–121.
46. Teece D. J. SWOT Analysis In *The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management*. London: Palgrave Macmillan. 2017. P. 1–2.
47. The Codex Alimentarius Commission, 2009. *Codex Alimentarius (Food Hygiene Basic Text)*, fourth ed. FAO and WHO, Rome. URL: <https://www.fao.org/3/a1552e/a1552e00.htm>.
48. The European Parliament and the Council. Regulation (EC) No 178/2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. 2002. 44 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002R0178-20140630&rid=1>.
49. The European Parliament and the Council. Regulation (EC) No 852/2004 on the hygiene of foodstuffs. 2004. 23 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0852:20090420:EN:PDF>.
50. The quality of food risk management in Europe: perspectives and priorities / Hughton J.R. et al. *Food Policy*. 2007. Vol. 33. P. 13–26.
51. Toropilová J., Bystricky P. Why HACCP might sometimes become weak or even fail. *Procedia Food Sci*. 2015. Vol. 5. P. 296–299.
52. Trafiałek J., Kolanowski W. Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for audit of HACCP system. *Food Control*. 2014. Vol. 44. P. 35–44.
53. Wallace C., Williams T. Pre-requisites: a help or hindrance to HACCP? *Food Control*. 2009. Vol. 12. P. 235–240.
54. Wallace C. A., Holyoak L., Powell S. C., Dykes F. C. HACCP – the difficulty with hazard analysis. *Food Control*. 2014. Vol. 35. P. 233–240.
55. Wallace C. A., Holyoak L., Powell S. C., Dykes F. C. Re-thinking the HACCP team: an investigation in to HACCP team knowledge and decision-making for successful HACCP development. *Food Res. Int*. 2012. Vol. 47. P. 236–245.

Наукове видання

Юрій Ігорович СЕНИК

**ПІДВИЩЕННЯ
КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ
МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ
ПІДПРИЄМСТВ РЕГІОНУ:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА**

Монографія

Підписано до друку 27.12.2022 р.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнітура Bookman.
Папір офсетний. Друк на дублікаторі.
Умов. друк. арк. 27,5. Облік.-вид. арк. 28,4.
Тираж 300 прим.

Видавець та виготовлювач
Західноукраїнський національний університет
вул. Львівська, 11, м. Тернопіль 46009

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців ДК № 7284 від 18.03.2021 р.*