

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ВІВЧАР ДЕНИС РОМАНОВИЧ

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ СТАНУ
НЕМОВЛЯТ/ INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR
MONITORING THE CONDITION OF INFANTS

спеціальність: 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

освітньо-професійна програма – Автоматизація та програма
комп'ютерно-інтегровані технології

Бакалаврська робота

Виконав студент групи МТІР-41
Д.Р. Вівчар

Науковий керівник:
к.т.н., доц. Пітух І.Р.

Бакалаврську роботу допущено до захисту:

;____;_____2026р.

Завідувач кафедри

_____А.І. Сегін

Тернопіль 2026

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Ступінь вищої освіти "бакалавр"
Спеціальність: 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та програма комп'ютерно-інтегровані технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сегін

“ ____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ВІВЧАРУ ДЕНИСУ РОМАНОВИЧУ

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема роботи

Інформаційно-вимірювальна система контролю стану немовлят/
Information and measuring system for monitoring the condition of infants
керівник роботи: к.т.н., доц. Пітух І.Р.

затверджені наказом по університету від ”01” грудня 2025 р. № 894

2. Строк подання студентом закінченої дипломної роботи 25 травня 2026р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Фізіологічні параметри новонароджених

2. Технічні та апаратні вимоги до інформаційно-вимірювальних систем контролю стану немовлят

3. Вимоги до програмного забезпечення та інтерфейсу

4. Вимоги до безпеки та експлуатації

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Аналіз систем контролю стану немовлят

2. Дослідження характеристик вимірювальних систем контролю стану немовлят

3. Алгоритмічно-програмне забезпечення вимірювання параметрів стану немовлят

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Структурна схеми інформаційної взаємодії системи контролю стану немовлят
2. Схема зовнішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят
3. Схема внутрішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят
4. Комбінована схема де внутрішній контур є частиною загальної системи
5. Графічна модель стану немовлят
6. Архітектура системи моніторингу стану немовлят
7. Модульна схема алгоритму APGAR
8. Динаміка стану новонародженого за шкалою APGAR
9. Графічна модель зміни динаміки стану немовлят
10. Модульна схема процесу оцінки стану немовлят за шкалою APGAR
11. Графічне відображення клінічного стану немовляти
12. Процес агрегування вимірювальних даних
13. Динаміка оцінки стану немовлят у реальному часі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Пітух І.Р.		
2	Пітух І.Р.		
3	Пітух І.Р.		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назви етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз систем контролю стану немовлят	12.2025р. – 01.2026р.	
2	Дослідження характеристик вимірювальних систем контролю стану немовлят	02.2026р. – 03.2026р.	
3	Алгоритмічно-програмне забезпечення вимірювання параметрів стану немовлят	04.2026р. – 05.2026р.	

Студент

(підпис)

Д.Р. Вівчар

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., доц. І.Р. Пітух

АНОТАЦІЯ

Вівчар Д.Р. Інформаційно-вимірювальна система контролю стану немовлят. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», освітньо-професійна (наукова) програма. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026.

У роботі проведено дослідження технологічного процесу контролю стану немовлят. Проаналізовано існуючі рішення вирішення проблематики контролю базових параметрів стану немовлят. Оцінено функціональні та алгоритмічні характеристики, обґрунтовано алгоритми формування основних показників життєдіяльності в режимі реального часу. Визначено контроль стану обладнання.

ANNOTATION

Vivchar D.R. Information and measuring system for monitoring the condition of infants. – Manuscript.

Research for the degree of bachelor in specialty 152 “Metrology and Information and Measuring Equipment ”, educational and professional (scientific) program. – Western Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

The work conducted a study of the technological process of monitoring the condition of infants. The existing solutions for solving the problem of monitoring the basic parameters of the condition of infants were analyzed. Functional and algorithmic characteristics were evaluated, algorithms for forming the main vital signs in real time were substantiated. Equipment condition monitoring has been determined.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
1. АНАЛІЗ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕМОВЛЯТ	6
1.1. Аналітичне обґрунтування стану народжуваності та потреби в системах контролю стану немовлят.....	6
1.2. Види систем контролю стану немовлят.....	10
1.3. Розподілені системи контролю параметрів стану немовлят.....	20
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕМОВЛЯТ.....	24
2.1. Контури регулювання в системах контролю стану немовлят	24
2.2. Моделювання процесів контролю вимірювальних параметрів в системах оцінки стану немовлят	32
2.3. Характеристик комплексу вимірювальних засобів моніторингу.....	39
2.4. Архітектурна взаємодія модулів вимірювальної системи	44
3. АЛГОРИТМІЧНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ НЕМОВЛЯТ	49
3.1. Базові алгоритми процесу вимірювання параметрів стану немовлят	49
3.2. Програмно-інформаційна модель процесу вимірювання показників системи контролю стану немовлят.....	56
3.3. Програмне середовище системи вимірювання	58
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ.....	65

					ДП. МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Інформаційно - вимірювальна система контролю стану немовлят/ Information and measuring system for monitoring the condition of infants	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Вівчар Д.Р.						
Перевір.		Пітух І.Р.					5	72
Консульт.		Пітух І.Р.				ЗУНУ.ФКІТ.МТІР-41		
Н. Контр.		Заставний О.М.						
Затверд.		Сегін А.І.						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ШВЛ – штучна вентиляція легень

СЛР – серцево-легенева реанімація

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція

ГІЕ – гіпоксично-ішемічна енцефалографія

ЕКГ – електрокардіографія

АЦП – аналого-цифровий перетворення

ПД-алгоритм – пропорційно-інтегрально-диференціальний алгоритм

РДС – респіраторний дистрес-синдром

СРБ – с-реактивний білок

ЧСС – частота серцевих скорочень

CPAP-терапія – Constant Positive Airway Pressure

API – Application Programming Interface

BLE – Bluetooth Low Energy

IoT – Internet of Things

Wi-Fi – Wireless Fidelity

SpO₂ – периферійне насичення киснем

rSO₂ – регіонарна оксигенація тканин

FiO₂ – відсоток кисню що вдихається

pH – кислотно-лужний баланс

pO₂ – парціальний тиск кисню

pCO₂ – парціальний тиск вуглекислого газу

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Сучасна інформаційно-вимірювальна система контролю стану немовлят є високотехнологічним комплексом, що забезпечує безперервний контроль життєво важливих показників немовляти в режимі реального часу. Завдяки інтеграції засобів бездротової передачі даних, інтелектуальних датчиків та алгоритмів миттєвого аналізу така система дозволяє раптово фіксувати найменші відхилення в роботі організму дитини. Це не лише знижує ризики настання критичних станів, а й значно підвищує ефективність нагляду, створюючи безпечне середовище для розвитку немовляти з перших днів його появи на світ.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є дослідження систем контролю стану немовлят, а завдання полягає у розробці програмно-інформаційної моделі процесу вимірювання показників контролю стану немовлят, що забезпечує безперервний цикл перетворення біологічних показників у структуровані дані для прийняття клінічних рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- Аналітично обґрунтувати стан народжуваності та потреби в системах контролю стану немовлят.
- Дослідити способи вирішення проблемати за допомогою використання сучасних технічних засобів.
- Розробити схеми зовнішнього та внутрішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят.
- На основі отриманих даних змодельовати процес контролю вимірювальних параметрів в системах оцінки стану немовлят.
- Дослідити характеристики комплексу вимірювальних засобів моніторингу.
- Дослідити та удосконалити характеристики програмних модулів вимірювальної системи.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Об’єкт дослідження – системи моніторингу основних показників життєдіяльності немовлят.

Предмет дослідження – методи збору, передачі та обробки інформації, алгоритми людино-машинної взаємодії.

Методи досліджень: аналіз існуючих систем, огляд відкритих джерел, безпосереднє вивчення технологічних процесів у пологових будинках чи перинатальних центрах, методи математичного та комп’ютерного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропоновано технологічне рішення вирішення проблематики. Для інформаційно-вимірювальних систем виконано моделювання процесів контролю вимірювальних параметрів стану немовлят. Реалізовано програмний код та схеми виконання алгоритмів. Проаналізовано фінальні результати.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження можуть бути використані для покращення та розробки нових інформаційно-вимірювальних систем контролю стану немовлят, покращення ефективності лікування та запобігання захворювань у новонароджених, а також для оптимізації роботи медичного персоналу.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. АНАЛІЗ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕМОВЛЯТ

1.1 Аналітичне обґрунтування стану народжуваності та потреби в системах контролю стану немовлят

На основі статистичних даних щодо народжуваності, а також відсоткового співвідношення немовлят, які одразу після народження потребують термінової допомоги та реанімаційних заходів, а це від 33-36% можемо стверджувати, що це комплексна проблема, яка полягає у низькому рівні навченості медичних працівників та відсутності розвитку у сфері інформаційно-вимірювальних систем контролю стану немовлят [1]. Для вирішення цієї проблеми потрібно застосовувати комплекс заходів, які в довгостроковій перспективі могли би спричинити позитивні зміни. Перший аспект це змінити підходи в організації та проведенні навчання студентів медичних університетів. Другий аспект полягає у створенні плану та стратегії розробки (розвитку) одної або декількох систем у сфері інформаційно-вимірювальних систем контролю стану немовлят. Розглянемо детальніше кожен з аспектів [3].

Згідно з офіційними даними яке наводить Міністерство юстиції України за 2025 рік в Україні народилося 168 778 тисяч дітей. Статистика народжуваності по областях включає в себе наступні дані:

1. АРК* – 0;
2. Вінницька – 7765;
3. Волинська – 7466;
4. Дніпропетровська – 12754;
5. Донецька** – 602;
6. Житомирська – 6156;
7. Закарпатська – 8136;
8. Запорізька** – 2823;
9. Івано-Франківська – 7501;
10. Київська – 10294;

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

11. Кіровоградська – 3985;
12. Луганська** – 0;
13. Львівська – 15872;
14. Миколаївська – 4365;
15. Одеська – 11956;
16. Полтавська – 5560;
17. Рівненська – 9078;
18. Сумська – 3199;
19. Тернопільська – 4899;
20. Харківська – 7019;
21. Херсонська** – 366;
22. Хмельницька – 6211;
23. Черкаська – 4742;
24. Чернівецька – 5193;
25. Чернігівська – 3426;
26. м. Київ – 19410;
27. м. Севастополь* – 0.

* - на тимчасово окупованих територіях України державна реєстрація актів цивільного стану за законодавством України не проводилася.

** - інформація про державну реєстрацію актів цивільного стану надана відділами державної реєстрації актів цивільного стану, розташованими на підконтрольній українській владі території [1, 3].

Згідно з медичними стандартами та статистикою Міністерства охорони здоров'я України, частка немовлят, які потребують термінової допомоги та реанімаційних заходів одразу після народження, становить:

- 10% (близько 16 800 дітей) — потребують первинних реанімаційних заходів (стимуляція дихання, санація дихальних шляхів);
- 7–8% — частка передчасних пологів (у Києві до 8%, у перинатальних центрах до 10%), що майже завжди передбачає потребу в інтенсивному нагляді або терапії;

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

- 15% — не починають дихати самостійно в першу хвилину життя і потребують асистенції;
- Менше 1% — потребують екстенсивної (складної) реанімації.

Враховуючи дані наведенні Міністерством охорони здоров'я України за 2025р можемо стверджувати, що кількість новонароджених дітей з різноманітними проблемами і різним ступенем важкості доволі висока і становить від 33-36%. Наявність сучасного високотехнологічного обладнання дасть можливість знизити цей відсоток мінімум вдвічі, а з розвитком наявних і створенням нових інформаційно-вимірювальних систем контролю стану немовлят в перспективі наявний відсоток може знизитися до мінімуму. Наявність в пологових будинках і перинатальних центрах якісного критично важливого обладнання є прерогативою Міністерства охорони здоров'я України, яке повинне забезпечувати всі пологові і перинатальні центри країни всім необхідним і якісним обладнанням. Враховуючи теперішню військово-політичну ситуацію нашої країни можемо стверджувати, що Міністерство охорони здоров'я не здатне самостійно забезпечити всі медичні заклади усім необхідним обладнанням тому частину обов'язків покладено на місцеві бюджети обласних центрів, створено благодійні організації («280 днів», «Свічадо», «Жіночі можливості», «Колиска надії» та інші) які співпрацюють з Міністерством охорони здоров'я по питаннях закупівлі різноманітного обладнання для пологових будинків і перинатальних центрів внаслідок чого за сприянням останньої інстанції було створено багато гуманітарних проектів завдяки основним механізмам сприяння з боку Міністерства охорони здоров'я України які включають безпосередньо:

- Координацію та визначення тих чи інших потреб, адже Міністерство охорони здоров'я формує переліки пріоритетного обладнання (наприклад: неонатальні інкубатори, апарати штучної вентиляції легень, системи інтенсивної терапії) та визначає конкретні лікарні, які потребують допомоги в першу чергу;

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Меморандуми про співпрацю, адже саме Міністерство охорони здоров'я підписує офіційні угоди з фондами, що дозволяє організаціям легально постачати обладнання безпосередньо в перинатальні центри або пологові будинки;
- Спрощення процедур, у період воєнного стану Міністерство охорони здоров'я розробляє та затверджує нормативні акти (накази про розподіл), які пришвидшують передачу гуманітарної допомоги на баланс лікарень.

і які були успішно реалізовані як приклад можна навести:

- Проект «Промінь надії» який було започатковано разом із Міністерством енергетики та Європейською Комісією. В межах цього проекту Міністерству охорони здоров'я вдалося забезпечити безперебійне живлення операційних, відділень реанімації та інтенсивної терапії новонароджених, що є критично важливим саме для перинатальних центрів і пологових будинків. У програмі задіяно близько 300 медичних закладів. Серед яких є багатoproфільні лікарні, обласні клінічні заклади, а також спеціалізовані центри допомоги матерям і дітям;
- «Грантові проекти» за підтримки місцевої влади та координації з Міністерством охорони здоров'я реалізуються регіональні ініціативи, як-от модернізація Ужгородського перинатального центру за кошти фонду «СОС Дитячі Містечка».

А також за сприянням і підтримці міжнародних організацій таких як (Дитячий фонд Організації Об'єднаних Націй (ЮНІСЕФ), Всесвітня організація охорони здоров'я).

Для того щоб забезпечити пологові будинки і перинатальні центри усім необхідним обладнанням обласні центри України, а також вище перераховані громадські організації як українські так і закордонні за підтримки Міністерства охорони здоров'я України повинні здійснювати закупівлю чи безпосередньо на пряму (якщо підписаний меморандум про співпрацю) здійснювати легальне постачання якісної критично важливої апаратури у перинатальні центри або пологові будинки за кордону тому що українських

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

виробників які займаються розробкою і створенням інформаційно-вимірювальних систем контролю стану немовлят немає [1, 2, 3].

1.2 Види систем контролю стану немовлят

Існує багато видів систем контролю стану немовлят які є критично важливими у сучасній медицині і які повинні бути у кожному пологовому будинку чи перинатальному центрі, а саме:

- Апарати штучної вентиляції легень;
- Обігрівачі пристрої та системи;
- Монітори спостереження, пульсоксиметри;
- Спеціальна слідкуюча апаратура;
- Прилади для інфузійної терапії;
- Лампи для фототерапії;
- Електричні аспіратори;
- Прилади для проведення гіпотермії;
- Зволожувачі та системи для кисневої терапії;
- Компресори медичні;
- Інше обладнання

Апарати штучної вентиляції легень (ШВЛ) для новонароджених – це спеціалізоване медичне обладнання розроблене для респіраторної підтримки немовлят, включаючи недоношених дітей. Такі пристрої забезпечують високу точність подачі дихальної суміші, що критично для крихітних легень. Як приклад візьмемо модель AVEA Standard виробника Vyair Medical (США).

Модель AVEA призначений для проведення штучної вентиляції легень у пацієнтів з масою тіла від 100 грам до 400 кілограм. Він орієнтований на проведення довготривалої ШВЛ у новонароджених з екстремально низькою масою тіла [4].

Технічний опис основних показників апарату штучної вентиляції легень AVEA представлено в табл 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики AVEA

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Форма кривої нагнітання потоку:	Спадаюча, прямокутна
Об'єм одного вдиху:	0,002-2,50л
Частота дихань:	1-150 дих/хв
Регулювання інспіраторного часу (Ti):	0,15-5,00 сек
Тиск на вдиху:	0-90 см H ₂ O
Пікова об'ємна швидкість вдиху:	0,4-150 л/хв
Позитивний тиск у кінці вдиху (PEEP):	0-50 см H ₂ O
Відсотковий вміст кисню у дихальній суміші:	21-100%
Інспіраторна пауза:	0,0-3,0 сек
Мінімальний період, протягом якого утримується високий/низький тиск:	0,20-30,0 сек
Загальна кількість режимів ШВЛ:	38 режимів вентиляції
Кількість параметрів моніторингу пацієнта:	65 параметрів
Діапазон регулювання тригера потоку:	0,1-20,0 л/хв
Діапазон регулювання тригера по тиску:	0-20 см H ₂ O

На рис. 1.1 представлено апарат штучної вентиляції легень AVEA виробника Vyairе Medical (США).

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рис 1.1 – AVEA Standard

Ось головні переваги AVEA, які виділяють його серед конкурентів (таких як Dräger чи Hamilton):

- Екстремальна точність: мінімальний дихальний об'єм від 2 мл (дозволяє виходжувати дітей вагою від 100-500 г).
- Технологія ViCore: унікальна можливість вимірювати стравохідний тиск, що дозволяє налаштувати вентиляцію максимально делікатно, уникаючи травм легень.
- Повна автономність: вбудований гвинтовий компресор дозволяє працювати без підключення до центральної мережі стисненого повітря (зручно для внутрішньолікарняного транспортування) [6].

Обігрівачі пристрої та системи - це спеціалізоване медичне обладнання, призначене для підтримки стабільної температури тіла немовлят, профілактики гіпотермії та забезпечення умов для реанімації. Медичні пристрої поділяються за принципом роботи та ступенем ізоляції дитини від зовнішнього середовища:

- Інкубатори (кювети) - закриті системи, що створюють контрольований мікроклімат.
- Відкриті реанімаційні системи - використовують інфрачервоне (радіантне)

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

тепло, що дозволяє лікарям мати вільний доступ до дитини для маніпуляцій.

- Матраци та ковдри з підігрівом - системи контактного обігріву, які можна використовувати в ліжечках або кювезах.

Розглянемо детальніше кожен пристрій:

Інкубатори (кювези): як приклад візьмемо систему-трансформер Dual Incu і model 100 виробника Atom Medical Corporation (Японія).

Dual Incu і model 100 — це гібридний інкубатор-трансформер преміум-класу, який поєднує функції закритого кювезу для інтенсивної терапії та відкритої реанімаційної системи. Ця модель дозволяє проводити всі маніпуляції з новонародженим без перекладання, що мінімізує стрес і температурні коливання для дитини. Ця модель підтримує два типи підігріву: конвективний підігрів та променевий підігрів, а також включає в себе два режими регулювання температури: автоматичне і ручне регулювання. Також передбачена перевизначена функція, яка дозволяє встановлювати більш високу температуру (у тому числі температуру повітря і температуру шкіри). Наявний дисплей, який має сенсорний екран і може регулюватися ліворуч або праворуч, для того щоб функціонувати в найкращому положенні. Функція відображення чергових подій на дисплеї допомагає визначити зміни в життєво важливих показниках дитини і довкіллі в інкубаторі.

На рис 1.2 показано систему-трансформер Dual Incu і model 100 виробника Atom Medical Corporation (Японія).

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рис 1.2 - Dual Incu i model 100

Основні переваги над конкурентами:

- Гібридна функціональність (трансформер) - можливість трансформації з закритого інкубатора у відкриту реанімаційну систему одним натисканням, що важливо для критичних маніпуляцій.
- Система «Повітряна завіса» - при відкритті портів доступу утворюється теплова завіса, яка мінімізує втрати тепла та підтримує стабільну температуру тіла новонародженого.
- Унікальна конструкція купола - купол без торцевих пластикових деталей забезпечує ідеальну візуалізацію без оптичних спотворень та полегшує дезінфекцію [5, 7, 18].

Відкриті реанімаційні системи: як приклад візьмемо Infa Warmer і виробника Atom Medical Corporation (Японія).

Infa Warmer і – це сучасна відкрита реанімаційна система, призначена для підтримки стабільної температури тіла новонароджених і недоношених

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

немовлят. Вона забезпечує рівномірне інфрачервоне прогрівання матраца та дитини, поєднуючи функції обігріву, реанімації та моніторингу.

На рис 1.3 представлено відкриту реанімаційну систему Infa Warmer і виробника Atom Medical Corporation (Японія).



Рис 1.3 – Infa Warmer і

Система забезпечує повну підтримку післяродового лікування та проведення інтенсивної терапії. Контроль температури тіла дитини здійснюється за центральними та периферичними показниками. Наявна функція попереднього нагрівання, яка дозволяє створити тепле середовище для дитини відразу після пологів або транспортування. Інтегровані таймери серцево-легеневої реанімації (СЛР) та оцінки за шкалою APGAR сприяють ефективному проведенню реанімаційних заходів [7].

Технічний опис основних показників відкритої реанімаційної системи Infa Warmer і представлено в табл 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Infa Warmer і

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Класифікація:	Клас I, тип BF
Діапазон налаштувань потужності нагрівача:	500 Вт, 0~100% (з кроком 5%)
Відображення температури тіла:	30,0-42,0°C
Діапазон установки температури тіла:	34,0-38,0°C
Індикатор потужності обігрівача:	В 10 рівнях
Пульсоксиметр:	Діапазон установок пульсоксиметр 1~100% SpO ₂ Діапазон установок частоти пульсу 25~240 уд/хв
Діапазон установок навісу:	Горизонтальне обертання на 320° (на 160° як за годинниковою стрілкою, так і проти годинникової стрілки). Кут випромінювання ± 30°
Нахил платформи матрацу:	Кут нахилу (назад і вперед) ± 13°
Освітлення:	Світлодіоди
Діапазон інтенсивності:	0-120 лк або більше (вільно регулюється)
Діапазон відображення часу:	0-60 хвилин 00 секунд (з кроком 1 сек.), режим таймера APGAR/режим таймера CPR на вибір
Розміри:	Основний блок: 84 (Ш) x 110 (Г) x 179-219 (В) см. Матрац: довжина 81-121 см

Матраци та ковдри з підігрівом: як приклад візьмемо KOALA Infant Warmer виробника NOVAMED USA (США)

KOALA Infant Warmer – це медична система контактного (кондуктивного) обігріву новонароджених, призначена для підтримки нормальної температури тіла та запобігання гіпотермії. Матрац з підігрівом

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

часто його називають грілкою для немовлят KOALA – це багат шаровий термоматрац багаторазового використання, що працює від портативного та легкого контролера. Матрац KOALA Warmer легко поміщається в колиску, забезпечуючи тепло за попередньо встановленою температурою [7].

На рис 1.4 представлено матрац з підігрівом KOALA Infant Warmer виробника NOVAMED USA (США).



Рис 1.4 – KOALA Infant Warmer

Варто виділити системи обігріву які є статичними тобто закріпленими безпосередньо на стіні над ліжком дитини чи над столом проведення медичних маніпуляцій як приклад можна взяти Sunflower Warmer Type (Wall Mount) виробника Atom Medical Corporation, не варто забувати також і про пересувні системи обігріву, які можуть також виконувати функції повноцінної відкритої реанімаційної системи важливо зауважити, що більшість відкритих реанімаційних систем вже є оснащеними системами обігріву проте за потреби такі системи обігріву як Sunflower Warmer Type (Stand) мають можливість додаткового монтажу різним важливим обладнанням, додатковими модулями, навісним обладнанням, лампами, датчиками та іншими аксесуарами, що дає можливість із пересувної системи обігріву зробити повноцінну відкриту реанімаційну систему. На увагу також заслуговують контролери до яких можна підключити як один так і декілька нагрівальних аксесуарів як приклад можна взяти контролер CosyTherm²

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виробника Inspiration Healthcare (Велика Британія). Зафіксуємо важливі аспекти кожної системи:

Обігрівач новонароджених Sunflower Warmer Type (Wall Mount/Stand) виробника Atom Medical Corporation (Японія)

Це дві різні конфігурації неонатальної реанімаційної системи, яка призначена для обігріву новонароджених. Основна відмінність між ними полягає у способі встановлення та мобільності, тоді як функціональна частина (нагрівач та контроль температури) залишається ідентичною.

На рис 1.5 показано Обігрівач новонароджених Sunflower Warmer Type (Wall Mount/Stand) виробника Atom Medical Corporation (Японія).



Рис 1.5 – Sunflower Warmer Type: зліва – Wall Mount; справа – Stand

Функціональна частина базується на використанні інфрачервоного керамічного нагрівача та інтелектуальної системи контролю температури. Обидві моделі мають ідентичні програмні та апаратні можливості для забезпечення термічної стабільності новонародженого. Система пропонує три основні режими роботи для різних клінічних ситуацій:

- Серво-режим (Servo Control): Автоматично регулює потужність нагрівача на основі даних від датчика температури шкіри дитини.
- Ручний режим (Manual Control): Дозволяє медичному персоналу самостійно встановлювати рівень потужності нагрівача від 0% до 100% (з кроком 5%). Цей режим часто використовується під час процедур або коли неможливо закріпити датчик на шкірі.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Режим попереднього прогріву (Pre-heat): Забезпечує сталий низький рівень тепла (зазвичай 30% потужності) для підготовки матраца та ліжечка до прийому дитини [7].

Технічний опис основних показників обігрівача Sunflower Warmer Type (Wall Mount/Stand) представлено в табл 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики Sunflower Warmer Type (Wall Mount/Stand)

Потужність обігрівача:	Не менше 500W
Діапазон встановлення температури шкіри:	34°-38°C із збільшенням на 0.1°C
Діапазон відображення температури дитини:	30,0-42,0°C із кроком 0,1° та точністю $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
Подача тепла у діапазоні:	0-100% на 10 рівнях

Контролер CosyTherm² виробника Inspiration Healthcare (Велика Британія)

CosyTherm² — це спеціалізована медична система обігріву розроблена компанією Inspiration Healthcare, яка призначена для підтримки нормальної температури тіла дитини.

На рис 1.6 представлено Контролер CosyTherm² виробника Inspiration Healthcare (Велика Британія).



Рис 1.6 – Контролер CosyTherm²

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Порівняння Sunflower Warmer та CosyTherm²: Основна відмінність полягає в методі обігріву Sunflower Warmer використовує інфрачервоне випромінювання (обігрів зверху), тоді як CosyTherm² – контактний обігрів через матрац (знизу).

Особливості CosyTherm²: На відміну від систем Sunflower, CosyTherm² фокусується на підтримці температури немовляти безпосередньо у відкритих ліжечках або кювезах за допомогою технології гнучкого полімерного нагрівання. Матрац забезпечує рівномірний розподіл тепла та має піну для зниження тиску на тіло дитини [7].

1.3 Розподілені системи контролю параметрів стану немовлят

Проведений аналіз існуючих систем показує взаємодію окремих вимірювальних компонент у межах комп'ютерної системи. У загальному випадку така система представлена на рис. 1.7.

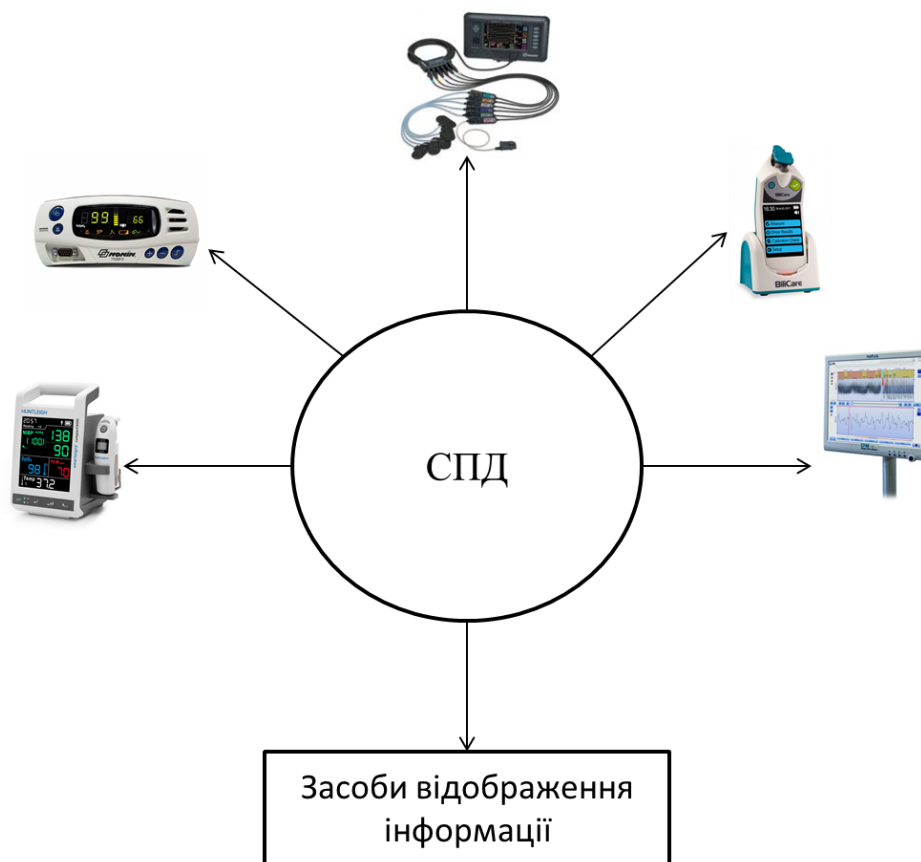


Рис 1.7 – Схема інформаційної взаємодії системи контролю стану
немовлят

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перший рівень включає монітори спостереження, вимірювальні засоби та спеціальну слідкуючу апаратуру:

Монітори спостереження та вимірювальні засоби – це спеціалізоване медичне обладнання для безперервного контролю стану немовлят, особливо недоношених або тих, хто перебуває у відділеннях інтенсивної терапії. Це багатофункціональні системи, які показують усі життєво важливі параметри одночасно. Ця техніка є критично важливою для виживання новонароджених з низькою масою тіла або патологіями дихання.

Спеціальна слідкуюча апаратура – це системи призначені для безперервного контролю життєво важливих показників у немовлят, особливо в умовах інтенсивної терапії або під час транспортування. Такі пристрої відрізняються високою чутливістю та використанням специфічних датчиків, адаптованих до делікатної шкіри та малих розмірів дитини. Розглянемо декілька прикладів таких систем:

Пульсоксиметр Nonin 7500 - переносний настільний прилад, призначений для одночасного вимірювання, виведення на екран і запам'ятовування сатурації (SpO₂) - насиченості киснем функціонального артеріального гемоглобіну та частоти пульсу дорослих, дітей, немовлят та новонароджених пацієнтів у магнітно-резонансній обстановці.

Церебральний оксиметр SenSmart X-100M – це перша у світі універсальна оксиметрична система, яка одночасно вимірює регіонарну оксигенацію тканин (rSO₂), пульсову оксиметрію (SpO₂) та частоту пульсу. Цей пристрій призначений для неінвазивного моніторингу пацієнтів усіх вікових груп (від новонароджених до дорослих), які мають ризик гіпоксії мозку або інших тканин.

Монітор Olympic Brainz (CFM) – це спеціалізований монітор церебральної функції (CFM), призначений для безперервного спостереження за електричною активністю мозку новонароджених у відділеннях інтенсивної терапії. Система застосовується для новонароджених з моменту народження

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

до 28 днів та при гестаційному віці від 24 до 46 тижнів забезпечуючи відображення аЕЕГ та контроль стану мозкової діяльності.

Білірубінометр BiliCare використовується для динамічного клінічного обстеження новонароджених, забезпечуючи початковий скринінг та подальший моніторинг рівня білірубіну з метою своєчасного виявлення гіпербілірубінемії.

Монітор спостереження SC300N – це новий компактний монітор життєво важливих показників, що працює від мережі/батарейки, для вибіркової перевірки; ця потужна та гнучка платформа пропонує медичним працівникам низку вимірювань, включаючи неінвазивне вимірювання артеріального тиску, частоти пульсу, пульсоксиметрію та бездротову опцію вимірювання температури барабанної перетинки.

Другий етап забезпечує інформаційну взаємодію на основі системи передавання даних (Wi-Fi, IoT) технологій на основі фізичних провідних каналів зв'язку:

Процес починається на фізичному рівні, де сенсори (оптичні датчики пульсоксиметрії, термістори і так далі) фіксують показники життєдіяльності немовляти та передають їх у вигляді електричних сигналів через провідні канали зв'язку такі як мідні доріжки, друковані плати та гнучкі шлейфи використовуючи послідовні інтерфейси. Ці канали забезпечують мінімальну затримку необроблених даних до мікропроцесора, який здійснює їх аналого-цифрове перетворення та логічну обробку. Далі реалізується інформаційна взаємодія через Wi-Fi технології та концепцію IoT оброблені дані інкапсулюються у пакети протоколу TCP/IP і через вбудований радіомодуль передаються на маршрутизатор, що дозволяє інтегрувати пристрій у глобальну мережу. Завдяки IoT-архітектурі інформація синхронізується з хмарним сервером, де складні алгоритми аналізують тренди стану дитини, забезпечуючи безперервний віддалений доступ до показників через мобільні додатки та можливість отримання критичних сповіщень незалежно від відстані до дитячої кімнати.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Третій рівень забезпечує реалізацію відповідних алгоритмів та відображення кінцевої інформації.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕМОВЛЯТ

2.1 Контури регулювання в системах контролю стану немовлят

Контури регулювання в системах контролю стану немовлят базуються на принципі зворотного зв'язку, де зовнішній контур відповідає за підтримання оптимальних параметрів навколишнього середовища, а внутрішній контур фокусується на фізіологічній безпеці дитини. У межах зовнішнього контуру система збирає дані з сенсорів температури та вологості автоматично коригуючи роботу кліматичного обладнання (термостатів, зволожувачів) для запобігання перегріву чи охолодження, що є критичним для немовлят. Розглянемо детальніше:

На першому етапі встановлюється сенсор (чутливий елемент) який безпосередньо контактує з тілом дитини. Саме сенсор відслідковує біологічні показники такі як (температура шкіри, частота серцевих скорочень або рівень кисню в крові) і перетворює їх на електричний сигнал для подальшої обробки системою. Використовуються три основні типи датчиків кожен з яких відповідає за конкретний життєвий показник:

- Терморезистивні датчики (термістори) – використовуються для моніторингу температури шкіри.
- Оптиелектронні датчики (пульсоксиметри) – використовуються для вимірювання рівня кисню в крові та відслідковування частоти серцевих скорочень дитини.
- Електричні контактні сенсори (електроди) – використовуються для побудови електрокардіограми (ЕКГ) або вимірювання реограми (зміни опору грудної клітки під час дихання).

На другому етапі відбувається процес передачі сигналу від датчика до контролера – це шлях перетворення фізичних величин у зрозумілу для комп'ютера цифру. Він складається із декількох критичних етапів:

- Попереднє посилення – оскільки сигнал з тіла малюка є слабким

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

(мілівольти або мікроампери) спочатку він проходить через операційне підсилення. Це робить сигнал достатньо сильним для того щоб передати його по дротах без зайвих втрат.

- Фільтрація шумів – на дріт датчика впливають електромагнітні завади від мережі 220В та іншого медичного обладнання. Фільтри відсікають ці шуми залишаючи лише чистий біологічний ритм дитини.
- Аналого-цифрове перетворення (АЦП) – саме тут відбувається ключова зміна, а саме перетворення безперервного аналогового сигналу на набір одиниць та нулів. Чим вища розрядність АЦП тим точніше контролер бачитиме найменші зміни в стані немовляти.
- Гальванічна розв'язка – це особливий етап безпеки. Сигнал передається через спеціальні оптичні пари, щоб фізично роз'єднати електричне коло дитини від високої напруги приладу. Це гарантує, що у разі помилки дитину не вдарить струмом.

На третьому етапі оцифрований сигнал потрапляє в мікропроцесор після чого відбувається інтелектуальна обробка даних та прийняття рішення:

- Математичний аналіз та фільтрація – мікропроцесор відсікає випадкові сплески (наприклад коли дитина поворухнулася і датчик на мить відійшов) і вираховує середнє значення показника.
- Порівняння з “Уставкою” (Set Point) – програма порівнює реальний показник із заданим лікарем значенням після чого обчислюється величина відхилення.
- Робота ПІД-алгоритму – пропорційно-інтегрально-диференціальний алгоритм вирішує як саме реагувати та ті чи інші зміни (наприклад якщо розрив між реальний і заданим лікарем значенням великий то потужність обігріву швидко зростає; якщо показник майже в нормі то потужність лише злегка підтримується).
- Формування команди для внутрішнього контуру – зовнішній контур не керує ТЕНОм напряду. Він дає нову команду внутрішньому контуру (наприклад збільш температуру повітря в інкубаторі з 34°C до 35°C, щоб

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

зігріти дитину).

- Видача інформації на дисплей – паралельно система відображає дані для медичного персоналу та активує тривогу якщо показники стали критичними.

На четвертому етапі виконавчі пристрої перетворюють цифрову команду контролера у фізичну зміну середовища. Це відбувається через механізм Широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

- Нагрівачі (ТЕНИ): Контролер не просто вмикає або вимикає обігрів він регулює його потужність. Замість зниження напруги він подає струм короткими імпульсами. (Наприклад якщо потрібно 50% потужності нагрівач вмикається і вимикається кожен частку секунди що дозволяє дуже плавно підтримувати температуру повітря уникаючи різких перепадів).
- Зволожувачі: Зазвичай це ультразвукові випарники. Отримавши команду про низьку вологість, контролер активує випаровування. Пара змішується з потоком повітря, який жене вентилятор, рівномірно розподіляючи вологу по всьому об'єму кювеза.
- Вентиляційна система: Працює в парі з нагрівачем. Вентилятор забезпечує постійну циркуляцію, щоб тепле і вологе повітря не збиралося в одному кутку, а рівномірно розподілялося довкола немовляти.

Ці пристрої є фінальною ланкою, що безпосередньо впливають на об'єкт регулювання, а саме – дитину [19, 20].

На рис 2.1 показано процес діагностики стану новонародженого малюка.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рис 2.1 – Діагностика новонародженого малюка

На рис 2.2 продемонстровано схему зовнішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят.

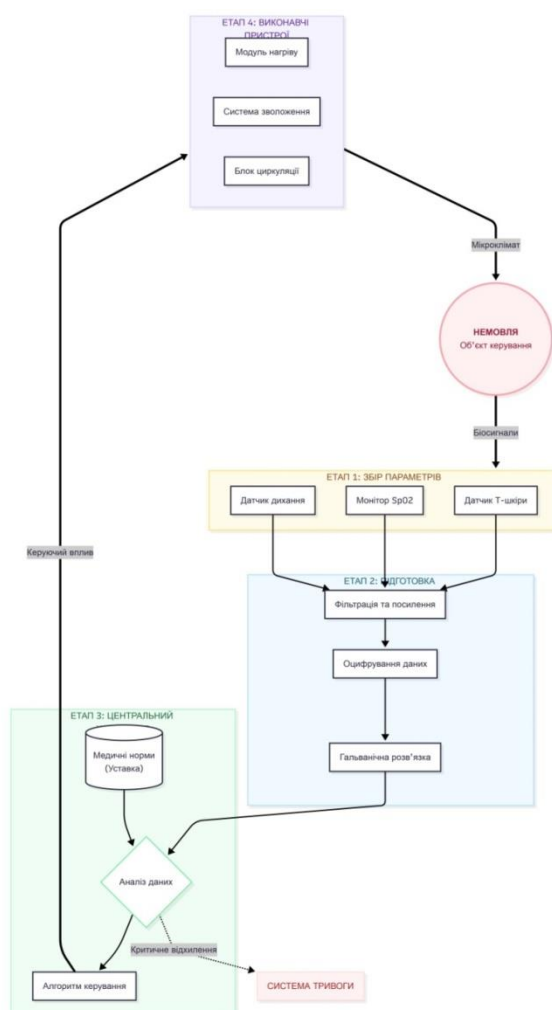


Рис 2.2 – Схема зовнішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Внутрішній контур реалізує набагато складнішу логіку: при виявленні відхилень у частоті серцевих скорочень або сатурації кисню система активує не лише миттєве сповіщення, а й може активувати стимулюючі сценарії такі як активацію легкого вібросигналу на носії для стимуляції дихання при підозрі на апное. Розглянемо детальніше:

Першим етапом у структурі внутрішнього контуру є отримання первинної інформації від датчиків (сенсорів). На цьому етапі відбувається фізичне вимірювання поточного стану середовища. Ось як це працює:

- Датчики (Sensing element) – спеціальні сенсори, які безперервно знімають фізичні показники всередині системи.
- Перетворення сигналу – оскільки сенсори видають аналоговий сигнал (зміну опору чи напруги) він перетворюється у цифровий вигляд який розуміє контролер.
- Передача даних – оцифровані дані миттєво передаються на блок порівняння.

Якість усього процесу регулювання залежить саме від першого етапу! Якщо датчик працює з великою затримкою або похибкою вся система (включаючи нагрівачі чи клапани) буде реагувати неправильно, що може призвести до перегріву чи гіпоксії немовляти.

Другий етап передбачає аналіз та прийняття рішення за допомогою ПІД-регулятора. Робота контролера на цьому етапі базується на розрахунку трьох компонентів.

- Пропорційна складова (P – Proportional) – дивиться на поточну різницю (помилку) між заданою температурою та реальним значенням.
- Інтегральна складова (I – Integral) – аналізує історію помилки за певний час.
- Диференціальна складова (D – Derivative) – прогнозує майбутнє, оцінюючи швидкість зміни показника.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Як наслідок контролер підсумовує всі три обчислення і формує керуючий сигнал (наприклад тривалість імпульсу чи конкретну напругу) який передається далі на виконавчий механізм.

Третій етап це фізичне виконання команди отриманої від контролера. На цьому етапі цифрові обчислення перетворюються на реальну дію: (виділення тепла чи розпилення вологи).

- Для підтримки температури зазвичай використовують ШІМ-регулювання. Замість того щоб просто вмикати/вимикати нагрівач система подає на нього живлення короткими імпульсами. Якщо потрібно підняти температуру на $0,1^{\circ}\text{C}$ ТЕН увімкнеться лише на кілька секунд. Це дозволяє уникнути інерційного перегріву повітря.
- Електромагнітні клапани та дозатори у системах контролю кисню (FiO_2) або ШВЛ. Отримавши сигнал клапани відкриваються на точно розрахований проміжок часу або під певним кутом. Це забезпечує змішування кисню та повітря у пропорції, яку вираховував ПД-контролер на попередньому етапі.
- Ультразвукові зволожувачі або помпи. Для контролю вологості виконавчий механізм активує п'єзоелектричний елемент (створює "туман") або мікропомпу, що подає воду на нагріту поверхню.

Ключова особливість цього етапу – це зворотній зв'язок. Як тільки виконавчий пристрій спрацював (наприклад ТЕН нагрів повітря) фізичні параметри середовища змінюються. Ці зміни миттєво фіксуються датчиками і цикл замикається повертаючись до першого етапу. Це дозволяє системі працювати безперервно підтримуючи мікроклімат немовляти з точністю до десятих часток градуса чи відсотка.

Четвертий етап – це захисний бар'єр та візуалізація. Поки внутрішній контур (датчик-контролер-ТЕМ) працює автоматично система моніторингу безперервно перевіряє чи не вийшли ці процеси за межі безпеки. Основні складові цього етапу це:

- Система моніторингу стежить не лише за температурою, а й за станом

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

внутрішніх компонентів опору:

1. Контроль датчиків: Якщо датчик від'єднався або видає нереальні показники (наприклад миттєвий стрибок з 36°C до 90°C) система розпізнає це як помилку, а не як реальну температуру.
 2. Контроль живлення: Моніторинг справності акумулятора та підключення до мережі.
- Багаторівнева система тривоги (Alarms). Тривоги класифікуються за рівнем пріоритетності:
1. Високий пріоритет (червоний) – критичні стани, що несуть загрозу для життя немовлят (наприклад, зупинка вентилятора інкубатора, перегрів понад 38,5°C або припинення подачі кисню). Супроводжується гучним звуком та миготінням.
 2. Середній/Низький пріоритет (Жовтий/Синій) – відхилення від заданої норми (наприклад, температура на 0,5°C нижче вказаного значення через відкрите віконце інкубатора).
- Функція “Safety Cut-out” (Аварійне відключення). Це найважливіша частина четвертого етапу. Якщо внутрішній контур “зациквився” (наприклад, ТЕН гріє без зупинки), спрацьовує незалежний механічний чи електронний запобіжник, який фізично розриває ланцюг живлення нагрівача незалежно від команд ПІД-контролера.
- Візуалізація для персоналу. Всі дані з датчиків виводяться на дисплей у вигляді поточних цифрових значень, а також графіків (трендів), що дозволяють лікарю бачити як змінювався стан дитини протягом останніх семи годин [19, 20].

На рис 2.3 показано схему внутрішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

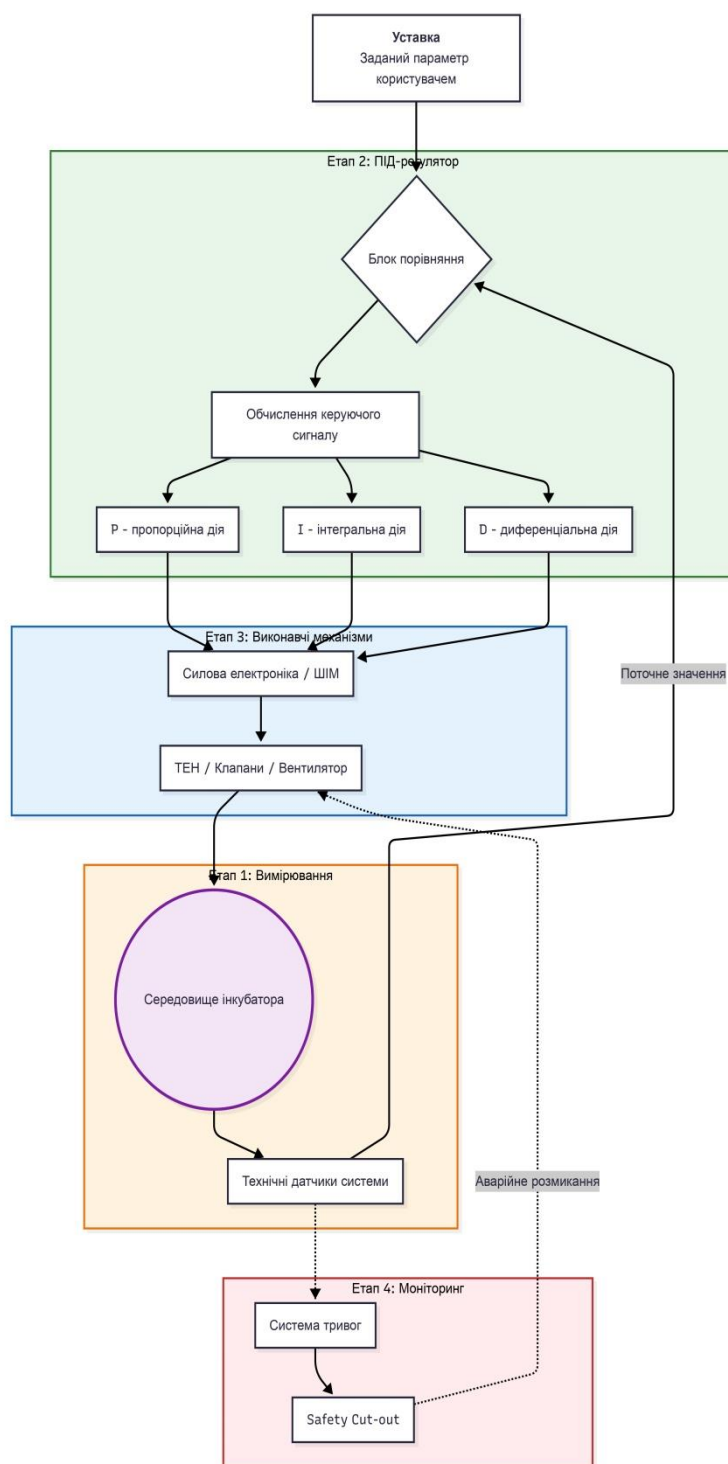


Рис 2.3 – Схема внутрішнього контуру регулювання в системах контролю стану немовлят

На рис 2.4 продемонстровано комбіновану схему де внутрішній контур є частиною загальної системи

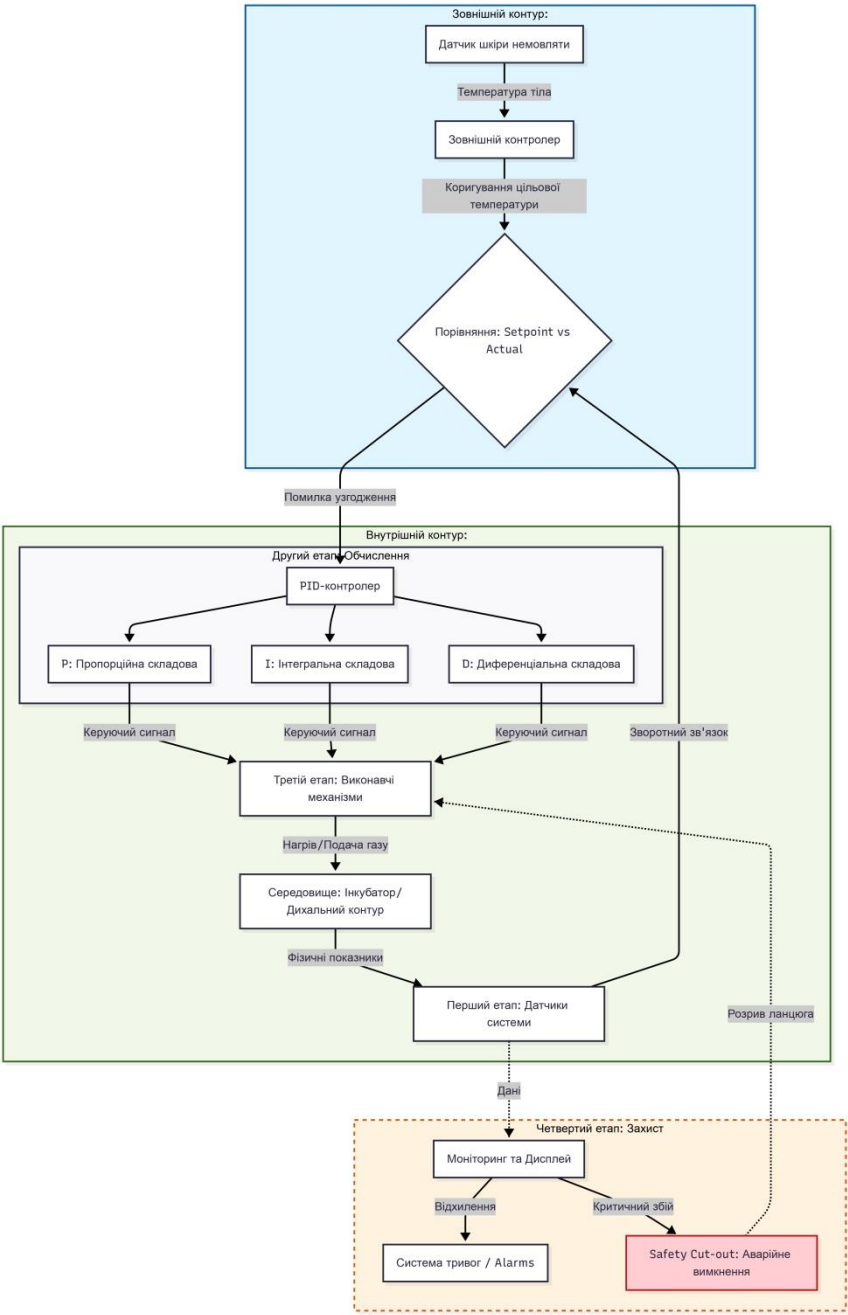


Рис 2.4 – Комбінована схема де внутрішній контур є частиною загальної системи

2.2 Моделювання процесів контролю вимірювальних параметрів в системах оцінки стану немовлят

Сформуємо модель, яка би відображала роботу системи оцінки стану немовляти. Розпочнемо цей процес із методів збору даних та засобів формування вхідних показників:

Методи збору даних реалізуються через багаторівневу систему моніторингу, що поєднує безперервну інструментальну діагностику та дискретні клінічні показники. Контактний метод базується на безпосередній взаємодії засобів сенсорики з тілом дитини: прецизійні ЕКГ-електроди та п'єзоелектричні датчики реєструють біоелектричну активність міокарда та механіку дихання, а транскутанні пульсоксиметричні датчики закріплені на стопі чи зап'ясті забезпечують постійний контроль рівня насичення крові киснем (SpO_2) і частоти пульсу. Безконтактний метод залучає засоби комп'ютерного та акустичного моніторингу, де високочутливі відеоматриці аналізують мікрорухи грудної клітки, зміну кольору шкірних покривів та рухову активність кінцівок, а мікрофонні системи через спектральний аналіз звукових сигналів (плачу, хрипу, стогонів) ідентифікують ознаки больового синдрому або дихального дистресу. Лабораторний метод інтегрує до загальної системи дані біохімічного аналізу крові, включаючи критичні параметри кислотно-лужного стану (pH , pO_2 , pCO_2), рівень глюкози, лактату та білірубіну, що вводяться через інтерфейси медичних аналізаторів або вручну персоналом формуючи цілісну інформаційну базу для верифікації стану немовлят. Для забезпечення мобільності та мінімізації кількості дротів у кюветі, система інтегрує методи бездротової передачі даних за допомогою енергоефективних радіочастотних протоколів. Основним засобом виступає технологія Bluetooth Low Energy (BLE), яка дозволяє передавати показники з натільних сенсорів на локальний концентратор із мінімальним електромагнітним випромінюванням, що є критично важливим для здоров'я дитини. Для трансляції потокового відео високої чіткості та великих масивів даних до центральної станції моніторингу використовуються захищені канали Wi-Fi (стандарт 802.11n/ac), що працюють у діапазоні 5ГГц для уникнення інтерференції з іншим медичним обладнанням. Весь трафік

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

піддається методам криптографічного шифрування (наприклад AES-128) для захисту медичної конфіденційної інформації, а цілісність пакетів даних контролюється протоколами з гарантованою доставкою, що виключає втрату критичних показників під час їх передачі в реальному часі.

На основі зібраних масивів інформації реалізується процес формування вхідних показників. Отримані дані піддаються багатоетапній первинній обробці: методам адаптивної цифрової фільтрації для усунення мережевих завад, алгоритмам динамічної компенсації рухових артефактів, що виникають через активність дитини, та методам апаратного підсилення слабких біосигналів за допомогою операційних підсилювачів. Завершальним етапом є метод виділення інформативних ознак (Feature Extraction), де система через математичну детекцію R-зубців, вейвлет-перетворення або морфологічний аналіз дихальної хвилі трансформує безперервні сигнали у структуровані цифрові параметри (ЧСС, варіабельність ритму, рівень сатурації) забезпечуючи високу точність даних для подальшої діагностичної інтерпретації.

Методологія оцінки базується на системному підході до інтеграції динамічних біометричних даних, де кожен показник розглядається не ізольовано, а в контексті гестаційного віку, маси тіла та часу, що минув після народження. Основна логіка реалізується через метод центильних таблиць та регресійного аналізу, що дозволяє системі автоматично коригувати “коридор норми” для кожної дитини: наприклад, частота дихання, що є нормальною для недоношеної дитини, може бути ознакою патології для доношеної. Для ранньої діагностики застосовується методологія інтегральних шкал (таких як шкала Апгар для перших хвилин життя, шкали Silvermann або Downes для оцінки дихальний розладів, та шкала NEOS для моніторингу сепсису), які переводять розрізнені цифрові дані у бальну систему. Засобом реалізації цієї методології виступає алгоритм багатокритеріального аналізу, який класифікує стан за трьома рівнями

- Фізіологічний спокій (стабільність усіх контурів)

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Межовий стан (відхилення в одному параметрі або тренд до погіршення)
- Критичне порушення (вихід ключових показників за межі норми).

Це дозволяє системі не просто класифікувати факт порушення, а прогнозувати ризики використовуючи метод аналізу варіабельності серцевого ритму як найбільш ранній індикатор стресу центральної нервової системи немовляти.

Розглянемо шкалу Silvermann яка призначена для ранньої діагностики ступеня тяжкості дихальних розладів (РДС) у новонароджених, особливо у недоношених дітей. Система аналізує п'ять ключових ознак, кожна з яких оцінюється від 0-2 балів. Загальний результат є сумою балів за всіма ознаками (мінімум – 0; максимум – 10).

У табл. 2.1 відображений алгоритм розрахунку шкали Silvermann.

Таблиця 2.1 – відображення алгоритму розрахунку шкали Silvermann

Ознака оцінки	0 балів (Норма)	1 бал (середній ступінь)	2 бали (важкий ступінь)
Рухи грудної клітки та живота	Рівномірні Синхронні	Грудна клітка відстає на вдиху (парадоксальне дихання)	Живіт і грудна клітка рухаються в різні боки
Втягнення міжреберних проміжків	Відсутнє	Ледве помітне	Різко виражене (глибокі ямки)
Втягнення груднини	Відсутнє	Помірне (незначне западання)	Різке (грудина глибоко западає на вдиху)
Положення крил носа	Нерухомі	Роздування крил носа на вдиху	Напружене роздування носа + відкритий рот
Характер дихання (Респіраторний стогін)	Відсутній	Чутний лише через мікроскоп	Чутний на відстані (дистанційні хрипи)

Інтерпретація кінцевих значень:

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 0 балів: Ознак дихальної недостатності немає. Стан дихальної системи стабільний.
- 1–3 бали: Початкові ознаки дихальних розладів (легкий ступінь). Потребує ретельного спостереження та, можливо, кисневої підтримки.
- 4–6 балів: Середньотяжкий стан. Дитина потребує інтенсивної терапії та допоміжної вентиляції легень (наприклад, СРАР).
- 7–10 балів: Важка дихальна недостатність. Стан загрожує життю, потрібна негайна інтубація та переведення на штучну вентиляцію легень (ШВЛ).

Розглянемо шкалу Downes яка є золотим стандартом клінічної оцінки дихальної недостатності у доношених немовлят. Оцінка проводиться за п'ятьма клінічними ознаками, кожна з яких отримує від 0-2 балів. Сумарний бал визначає тяжкість стану.

У табл 2.2 відображений алгоритм розрахунку шкали Downes.

Таблиця 2.2 – відображення алгоритму розрахунку шкали Downes

Ознака оцінки	0 балів (Норма)	1 бал (помірні розлади)	2 бали (тяжкі розлади)
Частота дихання (за хв)	<60	60-80	>80
Ціаноз (синюшність)	Відсутність (Рожева шкіра)	При диханні повітрям (FiO2 21%)	При подачі кисню (FiO2 > 40%)
Втягнення податливих місць	Відсутнє	Помірне (незначне)	Різко виражене
Аускультация (проведення повітря)	Добре (чутно в усіх відділах)	Ослаблене (тихе дихання)	Повітря майже не проводиться
Експіраторний стогін	Відсутній	Чутний через стетоскоп	Чутний на відстані (дистанційний)

Інтерпретація сумарного балу:

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 0–3 бали: Легкий ступінь дихальних розладів. Рекомендується моніторинг та терапія зволоженням киснем.
- 4–6 балів: Середній ступінь. Дитина потребує підтримки дихання методами неінвазивної вентиляції (наприклад, СРАР).
- 6 балів: Важкий ступінь (дихальна недостатність). Критичний стан, що вимагає негайної штучної вентиляції легень (ШВЛ).

Розглянемо шкалу NEOS (Neonatal Early Onset Sepsis) – це спеціальний діагностичний інструмент, що використовується в інтелектуальних системах для оцінки ризику розвитку раннього неонатального сепсису (у перші 72 години життя). На відмінну від шкал дихання, NEOS фокусується на системних інфекційних ознаках та стабільності гемодинаміки. В інтелектуальній моделі цей алгоритм працює як суматор балів, де критичним вважається поріг 3-4 бали.

У табл 2.3 відображений алгоритм розрахунку шкали NEOS.

Таблиця 2.3 – відображення алгоритму розрахунку шкали NEOS

Параметр оцінки	0 балів (Норма)	1 бал (Помірне відхилення)	2 бали (Виражена патологія)
Температурна нестабільність	36,5-37,2°C	36,0-36,4°C або 37,3-38,0°C	< 36,0°C або > 38,0°C (стійка)
Неврологічний статус	Активний нормальний тонус	Млявість, знижений тонус	Судоми або повна адинамія
Перфузія (CRT)	< 2 секунд	3 секунди	> 4 секунд
Шлунково- кишкові ознаки	Добре засвоює їжу	Здуття живота, зригування	Застійний вміст у шлунку, блювота
Дихальна підтримка	Не потребує	Потребує кисню або СРАР	Потребує ШВЛ (жорсткі параметри)
Серцевий ритм	Нормальний	Стойка тахікардія (>160)	Брадикардія або нестабільність

Інтерпретація результатів алгоритмом:

- 0–2 бали: Низький ризик сепсису. Рекомендовано планове спостереження.
- 3–5 балів: Помірний ризик. Система рекомендує призначення загального аналізу крові (лейкоцитарна формула) та С-реактивного білка (СРБ).
- 5 балів: Високий ризик сепсису. Система сигналізує про необхідність негайного початку антибіотикотерапії та бактеріологічного посіву крові.

Розглянемо шкалу Апгар – це класична методологія швидкої оцінки клінічного стану немовляти на 1-й та 5-й хвилинах життя іноді на 10-й, якщо бали залишаються низькими. В інтелектуальній системі цей алгоритм слугує базовою точкою відліку для визначення успішної адаптації дитини до позаутробного існування. Оцінка базується на п'яти життєво важливих ознаках: Для зручності запам'ятовування часто використовують аббревіатуру APGAR: Appearance (колір шкіри), Pulse (пульс), Grimace (рефлекси), Activity (тонус м'язів), Respiration (дихання).

У табл 2.4 відображений алгоритм розрахунку шкали APGAR.

Таблиця 2.4 – відображення алгоритму розрахунку шкали APGAR

Критерій	0 балів	1 бал	2 бали
Колір шкіри	Синій або блідий	Рожевий тулуб, сині кінцівки	Весь рожевий
Пульс	Відсутній	< 100 ударів на хв	> 100 ударів на хв
Рефлекси	Відсутні	Слабкі (grimace)	Кашель, чхання, крик
Тонус м'язів	В'ялий (пасивний)	Деяке згинання кінцівок	Активні рухи кінцівок
Дихання	Відсутнє	Слабке, нерегулярне	Адекватне гучний крик

Інтерпретація результатів:

- 8–10 балів: Стан дитини чудовий. Потребує лише стандартного догляду.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 5–7 балів: Стан середньої тяжкості (легка асфіксія). Може знадобитися стимуляція дихання або киснева маска.
- 0–4 бали: Тяжкий стан (важка асфіксія). Вимагає негайних реанімаційних заходів (інтубація, непрямий масаж серця).

На рис 2.5 показано графічну модель стану немовлят



Рис 2.5 – Графічна модель стану немовлят

На основі зібраних даних побудуємо графічну модель загального стану немовлят і найбільш наочною моделлю для цієї системи є радарна діаграма станів. У цій моделі кожна вісь відповідає одному з ключових показників життєдіяльності дитини, а саме: (пульс, дихання, сатурація, температура, артеріальний тиск). Всі осі нормовані таким чином, що центр діаграми означає критично низькі значення, середня зона – зону норми, а периферія – критично високі значення. Якщо стан дитини в нормі, графік утворює правильний симетричний багатокутник у центральному радіусі. Будь-яка деформація (витягування кута або його провал до центру) миттєво відображає патологію. Також використовується трендова модель: графік “індексу благополуччя” у часі, де критичні стани відображаються як зони червоного кольору, що дозволяє лікарям бачити динаміку погіршення або покращення стану [24, 25, 26, 27].

2.3 Характеристики комплексу вимірювальних засобів моніторингу

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Базові характеристики повно відображенні у наступних таблицях:
Технічний опис основних показників контролера CosyTherm² представлено в таб 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики контролера CosyTherm²

Потужністю:	100-240 В зм.стр. 50-60 Гц 195 Вт (195ВА)
Максимальна вихідна потужність (на 2 канали):	170 Вт
Максимальна потужність на канал:	85 Вт
Внутрішній акумулятор:	14,4 В (постійного струму 2600 мАг літій-іонний акумулятор)
Запобіжники (ІЕС вхід):	2х5 мм х 20 м Т3.15АН 250В
Максимальний звуковий сигнал тривоги:	52 дБ
Вхідне з'єднання:	3-контактний функц. заземлений штекер ІЕС
Контролер CosyTherm ² :	ІР3Х
Матраци:	ІР32
Температура:	Від 5°С до 40°С
Вологість повітря:	Від 10% до 70%
Тиск:	Від 50 кПа до 106 кПа
Встановлений діапазон температур:	Від 25°С до 40°С, якщо температура навколишнього середовища нижче встановленої температури

Технічний опис основних показників електроенцефалографа монітору Olympic Brainz (CFM) представлено в таб 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики електроенцефалографа монітору Olympic Brainz (CFM)

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Температура:	32°-104°F (0°-40°C)
Відносна волога:	25%-90% при температурі 40°C (без конденсування)
Амплітудочастотна реакція:	0,5 Гц – 450 Гц
Аналогово-цифровий конвертер:	SAR ADC (16х додаткова вибірка)
Частота вибірки:	2000 Гц
Розподілення:	16 біт
Квантування вибірки:	300 нВ
Вхідний імпеданс (DC):	>50 МОм
Технічні характеристики ЕЕГ:	Максимальна чутливість 50 μV_{pk} (<1 мкВ/мм)
Діапазон динамічних даних:	0,30-10000 μV_{pp} (1-20 Гц)

Технічний опис основних показників неінвазивного білірубінометру BiliCare представлено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики неінвазивного білірубінометру BiliCare

Діапазон вимірювання білірубіну (в одиницях вимірювання міліграм/децилітр (мг/дл) та мікромоль/літр (мкмоль/л):	Від 0 до 20 мг/дл Від 0 до 340 мкмоль/л
Можливість вибору кількості вимірювань :	Від 1 до 3 на кожний тест
Похибка вимірювань:	Не більше $\pm 1,5$ мг/дл або ± 26 мкмоль/л
Заряд :	Час заряду 8 годин
Кількість вимірювань від повного заряду акумулятора:	Не менше 100

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Технічний опис основних показників пульсоксиметра NONIN model 7500 представлено в табл 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики пульсоксиметра NONIN model 7500

Діапазон вимірювання SpO ₂ :	Від 0 до 100%
Діапазон вимірювання частоти пульсу:	Від 18 до 321 удару на хвилину
Числовий дисплей:	3-значні індикатори. 7-сегментні LED
Індикатор пульсу:	Гістограма інтенсивності пульсу
Індекс перфузій:	0,02% - 20%
Розмір:	21,9 x 9,2 x 14,2 см
Вага:	900 грам (з батареєю)
Індикатор наповнення пульсу:	LED три кольори
Індикатор сигналів тривоги:	LED два кольори
Низький рівень батареї:	LED жовтий
Тип пам'яті:	Довготривала
Об'єм пам'яті:	Більше 70 годин
Тривалість роботи від батареї:	До 16 годин
Гарантійний термін:	3 роки (36 місяців)

Технічний опис основних показників церебрального оксиметра SenSmart X-100M представлено в табл 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики церебрального оксиметра SenSmart X-100M

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Діапазон відображення насичення киснем:	rSO ₂ : від 0 до 100% SpO ₂ від 0 до 100%
Діапазон відображення частоти пульсу:	Від 18 до 300 ударів на хвилину (BPM)
Гучність сигналу (на 1 м):	15:75 дБа 8:61 дБа
Інформаційна тональна гучність (на 1 м):	67 дБа
Пам'ять:	840 годин (2 канали) 420 годин (4 канали) 280 годин (6 каналів)
Робоча температура:	Від 15% до 93% без конденсату
Вимоги до електроживлення (джерело живлення):	100-240 В зм.струму 50-60 Гц
Внутрішнє джерело живлення (акумулятор):	7,4 В, 3,8 Ач при повній зарядці, літій-іонна АКБ.
Період експлуатації (повністю заряджений акумулятор і екран з яскравістю за замовчуванням):	Мінімум 6 годин (1 кан.) Мінімум 3 години (2 кан.) Мінімум 2 години (4 кан.) Мінімум 1 година (6 кан.)

Технічний опис основних показників монітору SC300N представлено в табл 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики монітору SC300N

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розмір:	125 x 299 x 130 мм
Вага:	1,25 кг
Тип/розмір дисплею:	LED, 100 x 120 мм
Напруга живлення:	100-240 VAC
Частота живлення:	50/60 Гц
Сила струму на вході:	0,15-0,3 А
Тип/ємність батареї:	Літій-іонна батарея, 11,1 В, 2200 мА/год
Тип/ємність батареї термометру:	LR03 (AAA x 2), 1.5VDC
Групи пацієнтів:	Дорослі, діти, новонароджені
NiBP:	Осцилометричний
SpO2:	0% - 100%, розподілення 1%
Температура (опція):	Тимпанічна, 34°C - 42.2°C (93.2°F - 107.6°F)

Ці показники дозволяють провести комплексну оцінку життєдіяльності, що базується на високоточній реєстрації фізіологічних параметрів у режимі реального часу [20].

2.4 Архітектурна взаємодія модулів вимірювальної системи

У сучасних інтелектуальних системах моніторингу стану немовлят архітектура вимірювальної системи будується за модульним принципом, де кожен блок відповідає за конкретний етап обробки інформації:

1. Модуль збору даних (сенсорний хаб) – це високотехнологічний апаратний інтерфейс, який здійснює паралельне знімання мультимодальних біометричних сигналів через контактні електроди (ЕКГ), оптичні сенсори (SpO2), термодатчики та мультимедійні пристрої (камери, мікрофони). Його основне завдання полягає у прецизійному кондиціюванні аналогових даних: він підсилює слабкі електричні потенціали організму, відфільтровує апаратні шуми та наведення електромережі, після чого конвертує їх у цифровий формат за допомогою багатоканальних аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Ключовою особливістю хаба є жорстка

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

часова синхронізація всіх потоків даних, що дозволяє корелювати показники різних датчиків між собою, забезпечуючи при цьому повну гальванічну розв'язку для безпеки користувача та високу енергоефективність для тривалого моніторингу.

2. Модуль попередньої обробки – цей модуль перетворює зашумлений цифровий потік на придатний для медичного аналізу матеріал використовуючи математичні методи обробки сигналів. Найскладнішою частиною цього процесу є усунення артефактів руху, де за допомогою адаптивних алгоритмів та даних з акселерометрів модуль ідентифікує та видаляє сплески викликані зміною положення тіла дитини або плачем дитини. Окрім очищення, блок виконує нормалізацію амплітуди та сегментацію сигналів, що дозволяє виділити стабільні ділянки для подальшої діагностики.
3. Аналітичний модуль (ядро системи) – саме тут очищені дані перетворюються на клінічні висновки. На першому етапі ядро здійснює екстракцію ознак, вираховуючи складні показники, такі як варіабельність серцевого ритму для оцінки стресу вегетативної нервової системи та амплітудно-частотні характеристики дихання. Далі вступає в дію компаративний аналіз: система автоматично зіставляє отриманні дані з цифровими аналогами медичних шкал (APGAR – для оцінки стану новонародженого, Silvermann – для визначення ступеня дихальних розладів, NEOS – для оцінки розвитку неонатального сепсису), що дозволяє об'єктивно оцінити життєдіяльність без суб'єктного фактору лікаря. Окрім моментальної оцінки, модуль виконує предиктивну функцію, виявляючи патологічні зміни на ранніх стадіях: він аналізує динаміку змін (наприклад, поступове зниження SpO2 або мікрозміни в ЕКГ-циклі), що дозволяє прогнозувати критичні стани, ще до появи явних клінічних симптомів і миттєво генерувати пріоритетні сповіщення для персоналу.
4. Модуль інтелектуальної підтримки прийняття рішень – функціонує як

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

експертна надбудова, що трансформує сухі математичні розрахунки в конкретні клінічні рекомендації. Модуль автоматично класифікує стан пацієнта за трирівневою системою пріоритетів: “зелений” (стабільність) “жовтий” (потребує уваги/ризик розвитку патології) та “червоний” (критична загроза). У разі виявлення аномалії система не лише сигналізує про небезпеку, а й формує діагностичну гіпотезу (наприклад, підозра на апное, брадикардію або респіраторний дистрес) і миттєво виводить на екран персоналу алгоритм невідкладних дій згідно з актуальними медичними стандартами. Такий підхід мінімізує вплив людського фактору, скорочує час реакції в критичних ситуаціях та забезпечує лікаря доказовою базою для швидкого прийняття остаточного рішення.

5. Модуль візуалізації інтерфейсу користувача – є ергономічним фронтендом системи, який забезпечує миттєву когнітивну інтерпретацію складних медичних даних через багаторівневу графічну оболонку. Він реалізує концепцію єдиного цифрового простору, де динамічні криві (ЕКГ, плетизмограма) та цифрові індикатори інтегруються в інтуїтивно зрозумілі дашборди, адаптовані під різні пристрої від стаціонарних моніторів високої роздільної здатності до планшетів та смартфонів. Головним елементом модуля є інтелектуальна система оповіщення (Alarm Management), яка використовує кольорове кодування (згідно зі стандартами ISO) та звукові сигнали різної тональності для диференціації ступеня загрози, запобігаючи при цьому “втомі від тривоги” шляхом пріоритезації критичних сповіщень. Окрім поточних показників, інтерфейс візуалізує аналітичні прогнози у вигляді трендів та графічних шкал ризику, дозволяючи лікарю одним поглядом оцінити динаміку стану пацієнта, отримати доступ до підказок системи підтримки рішень та оперативно взаємодіяти з архівом даних для ретроспективного аналізу.
6. Модуль архівування та звітності є захищеним цифровим сховищем та генератором аналітичних документів, що забезпечує безперервність медичного спостереження. Він автоматично структурує та зберігає великі

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

обсяги даних від необроблених біосигналів до протоколів прийняття рішення у форматі часових рядків, що дозволяє лікарю миттєво відтворювати повну клінічну картину за будь-який минулий період. Функціонал модуля включає автоматизоване формування електронних медичних звітів, де динаміка стану пацієнта візуалізується у вигляді довгострокових трендів, графіків стабільності та зведених таблиць критичних подій, що є ключовим для оцінки ефективності терапії та корекції стратегії лікування. Завдяки підтримці міжнародних стандартів (наприклад, HL7/DICOM), модуль забезпечує сумісність із загальнолікарськими базами даних (MIS), гарантуючи при цьому високий рівень кібербезпеки та конфіденційності через шифрування та розмежування прав доступу до персональної інформації пацієнта.

7. Комунікаційний модуль є “нервовою системою” комплексу, яка забезпечує безперебійний та захищений обмін інформацією між сенсорним хабом, центральним сервером та мобільними пристроями персоналу. Він базується на використанні гібридних бездротових протоколів: енергоефективний Bluetooth (BLE) застосовується для передачі даних від натільних датчиків до локального шлюзу тоді як високошвидкісний Wi-Fi забезпечує трансляцію контенту (наприклад, потокового відео моніторингу, у загальнолікарську мережу). Особлива увага в модулі приділена кіберзахисту: передача здійснюється через зашифровані канали (TLS/SSL), що унеможливорює перехоплення медичних даних, а вбудовані алгоритми контролю якості зв’язку автоматично буферизують інформацію при розриві з’єднання, гарантуючи нульову втрату даних. Окрім внутрішнього зв’язку, модуль відповідає за системну інтеграцію, підтримуючи протоколи HL7 та MQTT для взаємодії з електронними медичними картами та іншим госпітальним обладнанням, що робить систему повноцінною частиною цифрової екосистеми сучасної лікарні.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

На рис 2.6 представлено архітектуру системи моніторингу стану немовлят

Архітектура системи моніторингу стану немовлят: Потік даних

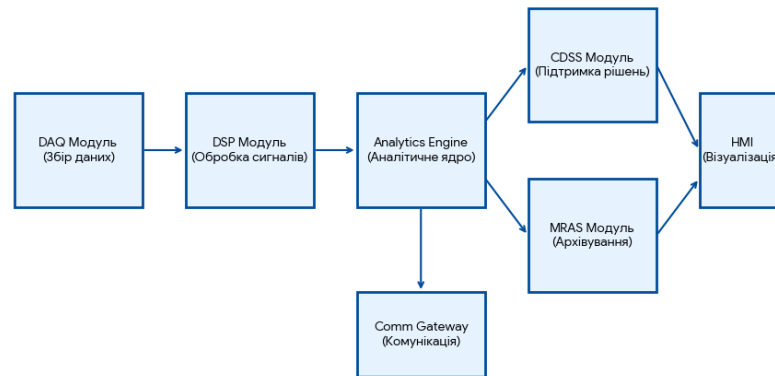


Рис 2.6 – Архітектура системи моніторингу стану немовлят

Обмін даними в межах системи реалізується як послідовний процес трансформації біосигналів у клінічні рішення, що починається з перетворення фізичних параметрів у цифровий потік у DAQ-модулі та їхньої передачі до DSP-модуля для інтелектуального очищення від завад та артефактів руху. Очищений потік даних надходить до аналітичного ядра, яке виконує математичне обчислення медичних показників і розподіляє інформацію між модулем підтримки рішень (CDSS) для миттєвого аналізу ризиків, модулем архівування (MRAS) для формування бази даних історії хвороби та комунікаційний шлюзом для зовнішньої інтеграції. Фінальний етап обміну завершується агрегацією оперативних діагностичних гіпотез від CDSS та ретроспективних трендів від MRAS у модулі візуалізації, що дозволяє лікареві отримувати верифіковану та структуровану інформацію про стан немовляти в режимі реального часу [25, 30].

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. АЛГОРИТМІЧНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ НЕМОВЛЯТ

3.1 Базові алгоритми процесу вимірювання параметрів стану немовлят

Алгоритми вимірювання параметрів стану немовлят базуються на постійному інтелектуальному аналізі функцій життєзабезпечення, де першочерговим є поєднання цифрових сигналів та їх динамічне порівняння з нормами. Розглянемо алгоритм APGAR який використовується для загального клінічного аналізу оцінки стану немовлят.

Процес порівняння розпочинається з первинної цифровізації, де фізичні показники немовляти перетворюються у дискретні бали, що формує масив співставлених об'єктивних даних. Далі відбувається процес агрегації та кодування під час якого алгоритм підсумовує отримані результати в єдиний індекс, автоматично відсікаючи похибки вимірювання для отримання чистого результату на 5-й та 10-й хвилинах життя. Наступним є етап логічної інтерпретації, де отримана сума балів зіставляється з еталонними показниками клінічних станів. Після цього відбувається перехресна верифікація під час якої алгоритм порівнює динаміку змін (наприклад, ріст балів від 5-ї до 10-ї хвилини) з прогнозованими сценаріями виживання, виявляючи розбіжності між математичним результатом та фактичним значенням. Завершальним етапом є проходження фінальної верифікації та процес формування керуючого сигналу, де на основі різниці між співставленими та інтерпретованими даними система генерує висновок про ефективність реанімаційних заходів або підтверджує стабільність стану дитини для подальшого протокольного догляду.

Процес опрацювання даних за шкалою APGAR базується на послідовному перетворенні інформації, що реалізується через три структури:

- Числовий масив: він виступає фундаментом і являє собою набір первинних значень, де кожен з п'яти параметрів стану (ЧСС, дихання, рефлекси, тонус, колір шкіри) отримує дискретне значення від 0 до 2.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Процес обробки починається з дискретизації аналогових біологічних сигналів: наприклад, пульс понад 100 уд/хв конвертується у найвищий показник “2”, мляві рухи кінцівок та слабке дихання отримують по “1” балу, висока реакція на подразники отримує “2” бали, а рожевий колір тулуба при синюшності рук додає ще “1” бал до загальної структури: $V = [2,1,1,2,1]$ тут ми бачимо чітку ієрархію: стабільне серцебиття (2), та рефлекси (2) поєднуються з помірними показниками дихання, тонуусу та кольору шкіри по (1). Агрегація цих значень шляхом підсумовування перетворює багатовимірний масив на єдиний скалярний показник – інтегральну оцінку (7), яка слугує сигналом вхідним сигналом для алгоритмів медичного сортування та визначення інтенсивності подальшої терапії.

На рис 3.1 представлена модульна схема алгоритму APGAR

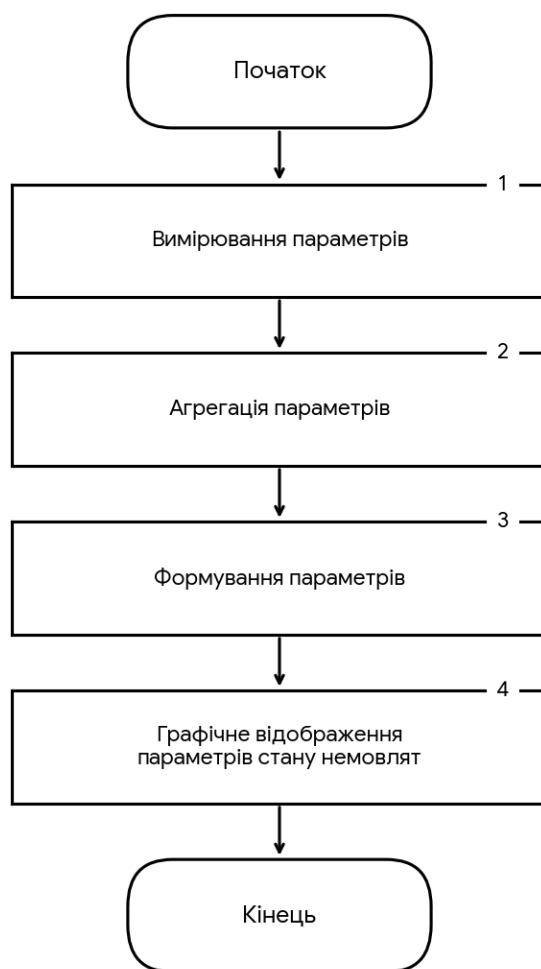


Рис 3.1 – Модульна схема алгоритму APGAR

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

В результаті дослідження алгоритму APGAR реалізовано модульну схему алгоритму оцінки параметрів життєдіяльності, яка приведена на рисунку 3.1.

На рис 3.2 продемонстровано динаміку стану новонародженого за шкалою APGAR

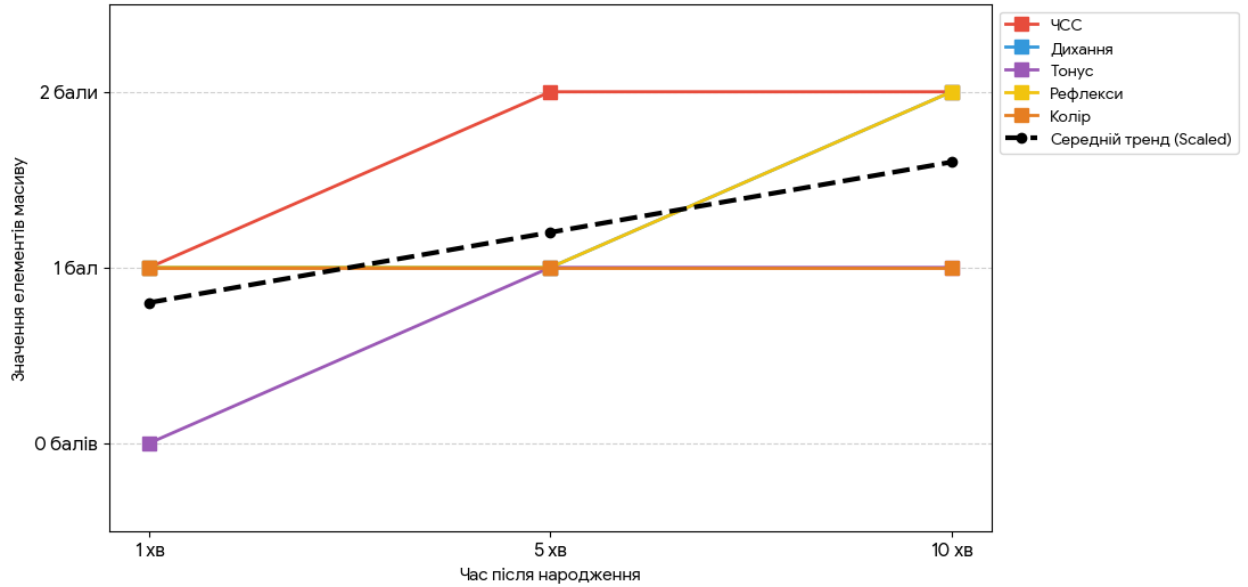


Рис 3.2 – Динаміка стану новонародженого за шкалою APGAR

Для графічного опису числового масиву найкраще підходить структура багатоканальної часової діаграми. Вона демонструє як п'ять вхідних параметрів змінюються у фіксовані моменти часу, утворюючи динамічний потік даних.

- Логічна матриця: використовується для інтелектуального співставлення отриманої суми з клінічними протоколами, де алгоритм перевіряє приналежність числа до певного діапазону значень. Наприклад, матриця містить логічні умови, де діапазон [0,3] корелює із значенням – критична асфіксія, [4,6] – середня важкість, а [7,10] – задовільний стан. Така інтерпретація дозволяє системі автоматично ідентифікувати стан пацієнта – від критичної асфіксії до задовільного стану і негайно активувати для того чи іншого випадку конкретний план дій: від розсилки екстрених сповіщень реанімаційній бригаді до становлення графіку післяпологового нагляду.

На рис 3.3 показано графічну модель зміни динаміки стану немовлят



Рис 3.3 – Графічна модель зміни динаміки стану немовлят

- Графічні тренди: є фінальною формою представлення даних, яка відображає динаміку змін стану дитини на часовій осі зазвичай на 1-й, 5-й та 10-й хвилинах життя. Наприклад, якщо на 1-й хвилині масив даних мав суму 4 (інтерпретовану як стан середньої важкості), а на 5-й хвилині – 8 (задовільний стан), графічний тренд відобразить висхідну криву. Це візуальне підтвердження ефективності проведених медичних маніпуляцій є критично важливим для лікаря, оскільки це дозволяє оцінити не лише миттєвий стан, а й вектор розвитку життєвих функцій новонародженого в динаміці.

На рис 3.4 реалізовано модульну схему процесу оцінки стану немовлят за шкалою APGAR

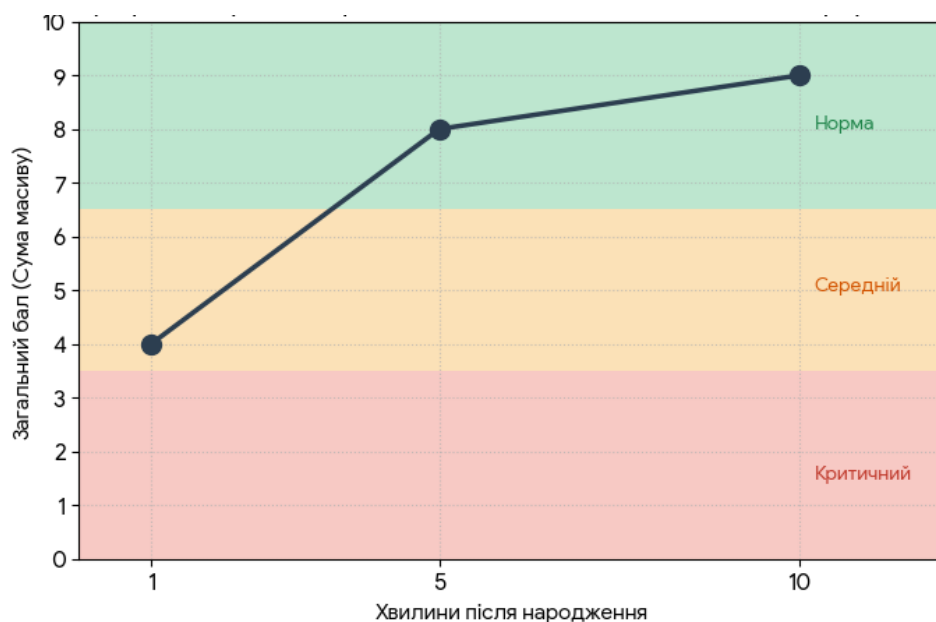


Рис 3.4 – Модульна схема процесу оцінки стану немовлят за шкалою APGAR

На графіку чітко видно три зони інтерпретації, визначені логічною матрицею: (0-3 бали) сигналізує про критичний стан, (4-6 балів) про помірну тривогу, (7-10 балів) підтверджує успішну стабілізацію. Точки на 1-й, 5-й та 10-х хвилинах демонструють вектор розвитку: висхідна лінія вказує на ефективність медичних маніпуляцій та покращення життєвих показників [17, 19, 21, 23, 27, 30].

Розглянемо алгоритм Silvermann який використовується для ранньої діагностики ступеня тяжкості дихальних розладів (РДС) у новонароджених: Процес порівняння за школою Silvermann розпочинається з етапу первинної детекції ознак дихальної недостатності, де на відміну від шкали APGAR кожному з п'яти показників (рухи грудної клітки, втягнення грудини, втягнення міжребер'їв, характер дихання та положення підборіддя) присвоюється бал від 0 до 2, де вищий бал сигналізує про важчу патологію, формуючи вихідний числовий масив. Далі слідує процес негативної агрегації, під час якого алгоритм підсумовує бали, враховуючи зворотну логіку оцінювання, де нульовий результат є еталоном норми, а накопичення балів свідчить про прогресуючий респіраторний дистрес. Наступним є процес діагностичної інтерпретації під час якого отримана сума зіставляється з логічною матрицею рівнів важкості: сума – 0 інтерпретується як відсутність розладів, 1-3 – як легка недостатність, 4-6 – як середній ступінь важкості, а 7-10 – як критичний стан. Після цього відбувається процес динамічного порівняння трендів, де система аналізує швидкість зростання загального балу у часі, що дозволяє диференціювати стабільний стан від стрімкого погіршення, яке потребує негайної ШВЛ. Завершується процес фінальною верифікацією та формування клінічного рішення, де на основі співставлення інтерпретованого ступеня важкості з протоколами респіраторної підтримки алгоритм видає рекомендацію щодо інтенсивної кисневої терапії, забезпечуючи зворотній зв'язок між вимірним параметром та медичною дією.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Опрацювання даних за шкалою Silvermann реалізується через послідовну трансформацію від'ємних ознак стану немовляти у структуровані формати для прийняття клінічних рішень:

- Числовий масив: числовий масив $S = [S_1, S_2, S_3, S_4, S_5]$ виступає як стандартизований цифровий профіль клінічного стану пацієнта, де кожна з п'яти позицій вектора є суворим ідентифікатором конкретного показника дихальної недостатності. Використання дискретної шкали від 0 до 2 дозволяє перетворити суб'єктивне візуальне спостереження у верифіковані дані, де "0" сигналізує про фізіологічну норму, "1" про початкову декомпенсацію, а "2" про критичне виснаження механізмів дихання. Математична агрегація цих показників (наприклад, сума в 7 балів) створює об'єктивну точку відліку для алгоритму, що дозволяє системі не лише класифікувати ступінь важкості стану, а й аналізувати динаміку змін у часі.

На рис 3.5 показано графічне відображення клінічного стану немовляти

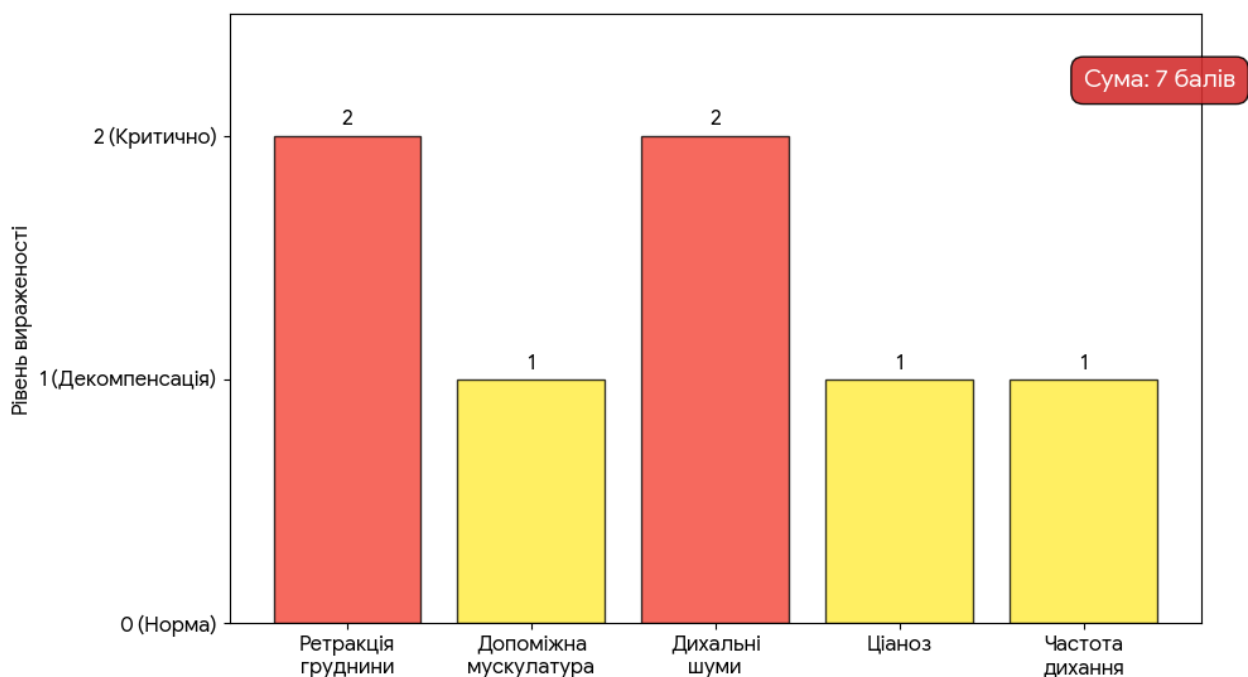


Рис 3.5 – Графічне відображення клінічного стану немовляти

- Логічна матриця: матриця виступає в ролі класифікатора, яка зіставляє отриманий результат з категоріями важкості. Завдяки конкретно заданим

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

діапазоном – від норми при нульовому значенні до критичного стану при сумі понад сім балів – система усуває етап суб’єктивної інтерпретації даних, миттєво трансформуючи результат у чітку медичну стратегію. Це дозволяє алгоритму функціонувати в режимі реального часу: автоматично ранжувати пріоритетність пацієнта, активувати сповіщення при досягненні критичних значень та видавати директивні команди для медичного персоналу або інтегрованого обладнання.

На рис 3.6 продемонстровано процес агрегування вимірювальних даних

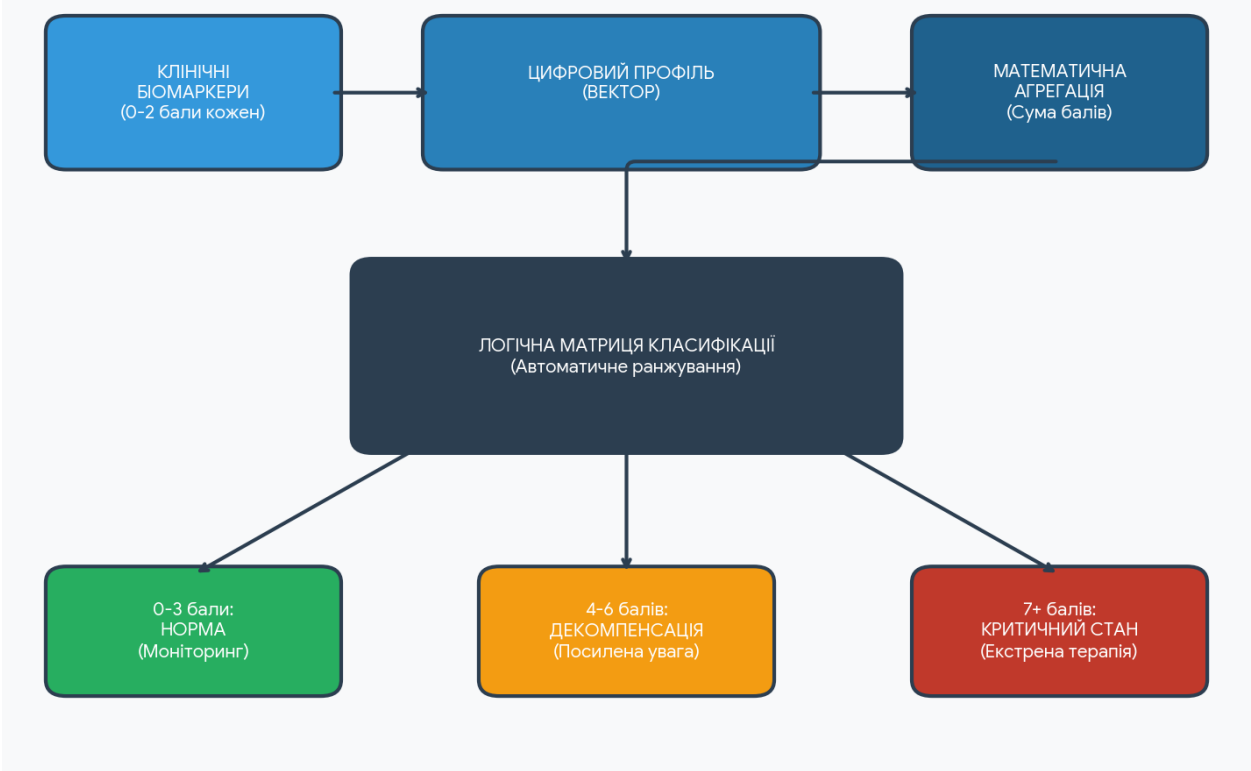


Рис 3.6 – Процес агрегування вимірювальних даних

- Графічні тренди: графічний формат відображає динаміку змін стану пацієнта в реальному часі перетворюючи дискретні вимірювання на вектор розвитку патології. Регулярна фіксація даних з інтервалом у 15-30 хвилин дозволяє системі розрахувати швидкість та напрямок змін: спадна крива об’єктивно підтверджує ефективність терапії та стабілізацію дихання тоді як висхідна крива сигналізує про виснаження компенсаторних механізмів організму. Головною перевагою такого підходу є можливість діяти на випередження – алгоритм ідентифікує

загрозу погіршення стану ще на етапі зростання показників, не чекаючи настання критичних значень, що мінімізує навантаження на лікаря та забезпечує умови для превентивного перегляду лікувальної тактики.

На рис 3.7 наведено динаміку оцінки стану немовлят у реальному часі

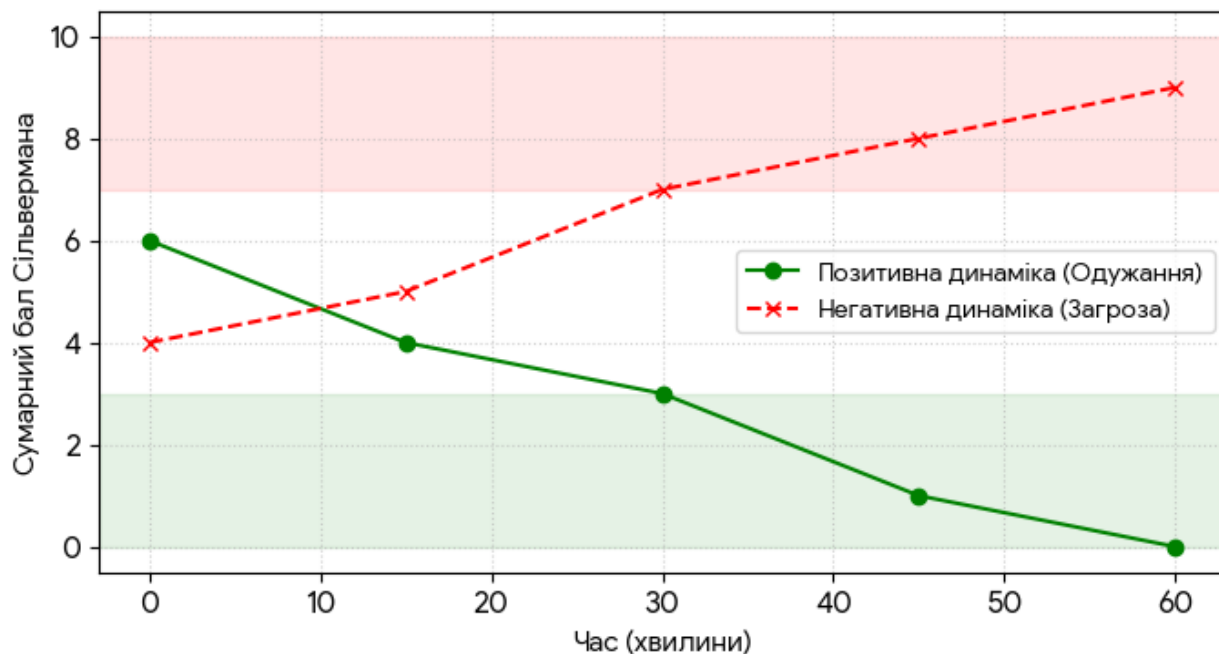


Рис 3.7 – Динаміка оцінки стану немовлят у реальному часі

Представлена графічна схема відображає динаміку клінічного стану пацієнта через аналіз змін сумарного балу за шкалою Silvermann протягом 60 хвилин. Вона демонструє дві протилежні операції: позитивну динаміку, де показник поступово знижується з 6 до 0 балів, що свідчить про успішну стабілізацію стану пацієнта, та негативну динаміку при якій загальний бал зростає з 4 до 9 балів. Особливе значення має момент перетину критичної межі у 7 балів (перехід у червону зону), що згідно з логічною матрицею є об'єктивним тригером для негайної інтенсивної терапії. Такий аналіз трендів у часі дозволяє системі прогнозувати ризики ще до настання критичної ситуації перетворюючи статистичні показники на динамічну стратегію порятунку життя [17, 19, 21, 23, 27, 30].

3.2 Програмно-інформаційна модель процесу вимірювання показників системи контролю стану немовлят

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Процес вимірювання показників системи реалізується на основі програмно-інформаційної моделі, що забезпечує безперервний цикл перетворення біологічних показників у структуровані дані для прийняття клінічних рішень.

Для реалізації технічної складової програмного середовища на мові програмування Python використаємо об'єктно-орієнтований підхід, де кожен етап алгоритму APGAR (масив, матриця та тренд) виділений у окремий функціональний блок. У додатку А наведено реалізацію алгоритму у середовищі Python.

Представлений код реалізує цілісну архітектуру програмного середовища для контролю за станом немовлят, яка автоматично трансформує первинні біометричні показники в структуровані медичні висновки. Програма послідовно виконує роль аналізатора: спочатку вона перетворює вхідні фізичні показники в числовий масив балів від 0 до 2, після чого інтегрована логічна матриця класифікує загальний результат за рівнем критичності, привласнюючи дитині відповідний статус і колірний код тривоги. Фінальним етапом роботи коду є побудова графічного тренду, який акумулює дані за різні часові проміжки та візуалізує вектор адаптації немовляти, дозволяючи системі не лише фіксувати миттєві показники, а й прогнозувати успішність медичного втручання в динаміці.

Даний блок програми реалізує специфічну реверсивну логіку шкали Silvermann, де збільшення числових значень сигналізує про наростання дихальної недостатності, що є критично важливим для налаштування систем респіраторної підтримки. У додатку Б наведено реалізацію алгоритму оцінки стану немовлят згідно шкали Silvermann.

Даний код реалізує спеціалізоване програмне середовище для автоматизованої оцінки дихальних розладів у немовлят, інтегруючи реверсивну логіку шкали Silvermann у цифрову модель підтримки прийняття рішень. Система послідовно виконує збір патологічних ознак у числовий масив, де кожен респіраторний симптом трансформується у бал обтяження,

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

після чого логічна матриця зіставляє накопичену суму з алгоритмами медичного втручання – від мінімальної кисневої підтримки до екстреної інтубації. Ключовою функцією коду є формування графічного тренду який візуалізує динаміку зниження загрози: на відміну від інших шкал, тут програмно закладено цільовий вектор руху кривої до нульової позначки, що дозволяє головному лікареві в режимі реального часу оцінювати ефективність вибраної стратегії лікування та вчасно реагувати на відсутність позитивних змін у стані немовляти [17, 18].

3.3 Програмне середовище системи вимірювання

Графічне середовище системи являє собою інтерактивну панель керування, де у лівій частині розміщено блок введення параметрів із сенсорними іконками, що візуалізують кожен критерій шкали (APGAR: ЧСС, дихання, рефлекси, тонус, колір шкіри), або (SILVERMANN: стилізована грудна клітка для ретракцій або іконка носа для симптому роздування крил), де користувачу дозволено вибирати лише дискретні значення (0, 1, 2) через випадаючі списки або слайдери. Центральну частину монітора займає віджет поточного стану, який після опрацювання даних змінює колір фону на зелений (при позитивному тренді) або на червоний колір (при критичних показниках) виводячи великим шрифтом сумарний бал та статус. Якщо система фіксує позитивну тенденцію (рух тренду до нуля) на екрані з'являється відповідна позначка “Стабілізація” з рекомендацією щодо планового моніторингу; у разі відсутності прогресу або погіршення монітор активує блок клінічних рекомендацій де у вигляді списку виводяться чіткі інструкції. Одночасно з цим у критичних ситуаціях система ініціює цикл екстрених сповіщень: на екрані спалахує банер “ALARM” активується звуковий сигнал високої частоти, а через інтегрований шлюз автоматично надсилаються Push-сповіщення на телефон чи великий монітор чергової реанімаційної бригади з вказаним номером кювеза.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

На рис 3.8 представлено візуальне відображення монітору: зліва – екран відображає стан дитини за шкалою алгоритму APGAR; справа – екран відображає стан дитини за шкалою алгоритму Silvermann



Рис 3.8 – Візуальне відображення монітору: зліва – екран відображає стан дитини за шкалою алгоритму APGAR; справа – екран відображає стан дитини за шкалою алгоритму Silvermann

Якщо розглядати деталізацію мобільного інтерфейсу для лікарів то це передбачає створення компактної але високоінформативної системи миттєвого реагування, де основним є відображення стрічки пацієнтів із кольоровим кодуванням критичності, що дозволяє головному лікареві одним поглядом оцінити пріоритетність викликів.

На рис 3.9 реалізовано мобільний інтерфейс системи

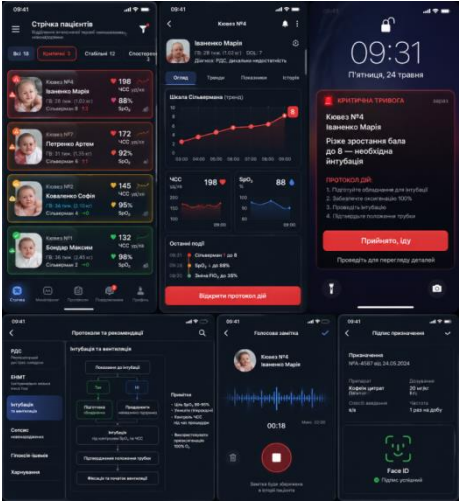


Рис 3.9 – Мобільний інтерфейс системи

Кожна картка немовляти у додатку містить активні віджети швидкого перегляду, які при натисканні розгортають графічні тренди шкали (Silvermann або APGAR) інтегрований з поточними показниками ЧСС та сатурації. Ключовою особливістю є система розумних Push-сповіщень, які не просто сигналізують про тривогу, а використовують критичний звуковий профіль, що обходить режим беззвучності та виводять на екран короткий протокол дій. Внутрішнє меню дозволяє лікареві дистанційно переглядати логічну матрицю рекомендацій, залишати голосові замітки до клінічного випадку та за допомогою біометричної аутентифікації миттєво підписувати цифрові призначення забезпечуючи безперервний цикл управління лікувальним процесом без прив'язки до стаціонарного посту моніторингу [21, 22, 23, 24, 26].

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було відвідано Тернопільський обласний клінічний перинатальний центр «Мати і дитина» як наслідок ознайомився із типами обладнання, яке використовується для моніторингу стану немовлят. Було проведено дослідження процесу визначення критично важливих показників життєдіяльності немовлят через основні алгоритми. Визначено основні технічні, функціональні та алгоритмічні характеристики. Проаналізовані переваги і недолі даного обладнання.

Описано роботу контурів регулювання в системах контролю стану немовлят. Проаналізовано сучасні методи сенсорного контролю. Розроблене програмне середовище системи вимірювання та програмно-інформаційна модель процесу вимірювання показників системи контролю стану немовлят.

Здійснено максимально детальний аналіз програмно-технічної реалізації системи моніторингу, що базується на схемі інтелектуального контролю фізіологічних показників. Досліджено базові функції системи, зокрема механізми стабілізації стану немовляти при виникненні перехідних процесів у його життєдіяльності. Виконано програмну реалізацію та розроблено людино-машинні інтерфейси для медичного персоналу, що візуалізують стан пацієнтів у восьми ключових палатах (блоках) інтенсивної терапії.

У роботі доведено, що дану архітектуру можна впроваджувати в інших галузях медицини. У ході дослідження виявлено позитивні аспекти застосування такого принципу автоматизованого контролю, як-от висока швидкість реагування на критичні зміни стану, а також окреслено певні обмеження, пов'язані зі специфікою біологічного об'єкта керування. Це підтверджує гнучкість запропонованого рішення та його потенціал для масштабування в межах сучасної цифрової охорони здоров'я.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міністерство Юстиції України – [Електронний ресурс] – 2026 – режим доступу: <https://minjust.gov.ua>
2. Міністерство енергетики України – [Електронний ресурс] – 2025 – режим доступу: <https://www.mev.gov.ua/novyna/sonyachni-stantsiyi-dlya-likaren-zabezpechennya-alternatyvnoho-elektropostachannya-dlya>
3. Міністерство охорони здоров'я України – [Електронний ресурс] – 2026 – режим доступу: <https://moz.gov.ua>
4. AVEA Standart Апарат ШВЛ Vyair – [Електронний ресурс] – 2026 – режим доступу: https://ren-med.com.ua/resuscitation_equipment/shtuchna-ventylyaciya-legen/avea-standard-aparat-shvl-vyair-ssha
5. ATOM MEDICAL – [Електронний ресурс] – 2026 – режим доступу: https://atomed-global.com/product/cat_neonatology
6. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 4-18 с.
7. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 19-26 с.
8. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 27-33 с.
9. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 34-36 с.
10. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 37-38 с.
11. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 39-42 с.
12. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 43 с.
13. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 44 с.
14. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 45 с.

15. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 46-47 с.

16. NZ Techno Обладнання для анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2025.- С. 48-49 с.

17. Авраменко В. В. Системи автоматичного керування медичними об'єктами: навчальний посібник – 2018.- С. 156 с.

18. Герасімов С. В., Куліченко В. В. Моделювання систем управління мікрокліматом інкубаторів для новонароджених: навчальний посібник – 2020.- С. 45–52 с.

19. Ладанюк А. П. Основи системного аналізу: навчальний посібник: – 2011.- С. 264 с.

20. Терещенко М. Ф., Тимчик Г. С., Якимчук М. В. Медичні прилади, апарати та системи: навчальний посібник – 2017.- С. 520 с.

21. Казначеева М. С., Кулакова О. О. Сучасні методи моніторингу життєдіяльності новонароджених у відділеннях інтенсивної терапії: навчальний посібник – 2021.- С. 45–52 с.

22. Кошева Л. О., Куц Ю. В., Гіголаєва І. В. Методи та засоби інтелектуального моніторингу стану пацієнта в неонатології: навчальний посібник – 2020.- С. 192 с.

23. Аряєв М. Л. Неонатологія: навчальний посібник – 2011.- С. 832 с.

24. Беш Л. В. Невідкладна допомога в педіатрії та неонатології: навчальний посібник – 2021.- С. 256 с.

25. Волохов С. А., Калюжна Н. В. Датчики біомедичних сигналів у системах моніторингу стану пацієнта в реальному часі: навчальний посібник – 2022.- С. 24–31 с.

26. Кондратова О. Ю. Інформаційні технології моніторингу фізіологічних показників новонародженого: навчальний посібник – 2020.- С. 112–119 с.

27. Макаренко О. В. Інтелектуальні вимірювальні системи в неонатології: навчальний посібник – 2019.- С. 184 с.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

28. Шликов В. В., Стадник В. П., Крамар О. А. Основи медичного приладобудування: навчальний посібник – 2023.- С. 215 с.
29. Герасименко І. В. Смарт-системи моніторингу стану здоров'я на базі IoT: навчальний посібник – 2022.- С. 145 с.
30. Корнеліус О. Г. Цифрова обробка біомедичних сигналів: навчальний посібник – 2023.- С. 312 с.

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
class ApgarLogic:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        # Часовий масив для збереження динаміки (1, 5, 10 хвилини)
```

```
        self.history = []
```

```
    def calculate_apgar_vector(self, hr, resp, muscle, reflex, color):
```

```
        """
```

ЕТАП 1: ЧИСЛОВИЙ МАСИВ

Перетворює фізичні показники у бали (0, 1 або 2) за медичними критеріями.

```
        """
```

```
        # ЧСС: 0 - відсутня, 1 - <100, 2 - >100
```

```
        s1 = 0 if hr == 0 else (1 if hr < 100 else 2)
```

```
        # Дихання: 0 - відсутнє, 1 - слабке/нерегулярне, 2 - гучний крик
```

```
        s2 = resp
```

```
        # Тонус, Рефлекси, Колір шкіри (вводяться як дискретні бали 0-2)
```

```
        vector = np.array([s1, s2, muscle, reflex, color])
```

```
        return vector
```

```
    def apply_logical_matrix(self, score):
```

```
        """
```

ЕТАП 2: ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ

Класифікація сумарного бала та визначення статусу.

```
        """
```

```
        if 7 <= score <= 10:
```

```
            return {"status": "Норма", "color": "#2ecc71", "action": "Стандартний догляд"}
```

```
        elif 4 <= score <= 6:
```

```
            return {"status": "Середня асфіксія", "color": "#f1c40f", "action": "Киснева підтримка"}
```

```
        else:
```

```
            return {"status": "Важка асфіксія", "color": "#e74c3c", "action": "Реанімація"}
```

```
    def add_measurement(self, hr, resp, muscle, reflex, color):
```

```
        # Отримання масиву та його суми
```

```
        vector = self.calculate_apgar_vector(hr, resp, muscle, reflex, color)
```

```
        total_score = np.sum(vector)
```

```
        # Отримання інтерпретації з матриці
```

```
        interpretation = self.apply_logical_matrix(total_score)
```

```
        # Збереження для графічного тренду
```

```
        self.history.append((total_score, interpretation))
```

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

    return total_score, interpretation
def show_trend(self):
    """
    ЕТАП 3: ГРАФІЧНИЙ ТРЕНД
    Побудова кривої стану з кольоровим зонуванням.
    """
    scores = [item[0] for item in self.history]
    time_points = ["1 хв", "5 хв", "10 хв"][:len(scores)]
    plt.figure(figsize=(10, 5))
    plt.plot(time_points, scores, marker='o', color='#34495e', linewidth=3)
    # Накладання логічних зон (Матриця на графіку)
    plt.axhspan(0, 3, color='red', alpha=0.15, label='Критично')
    plt.axhspan(4, 6, color='yellow', alpha=0.15, label='Середньо')
    plt.axhspan(7, 10, color='green', alpha=0.15, label='Норма')
    plt.ylim(0, 10)
    plt.title("Динаміка стану немовляти (Алгоритм APGAR)")
    plt.ylabel("Загальний бал")
    plt.legend()
    plt.grid(axis='y', linestyle='--', alpha=0.7)
    plt.show()

```

ПРИКЛАД РОБОТИ:

```

apgar_bot = ApgarLogic()
# Симуляція: 1 хв (ЧСС 90, дихання слабке, тонус 1, рефлекс 1, колір 1) = 5 балів
print(apgar_bot.add_measurement(90, 1, 1, 1, 1))

```

```

# Симуляція: 5 хв (ЧСС 120, дихання сильне, тонус 2, рефлекс 2, колір 1) = 9 балів

```

```

print(apgar_bot.add_measurement(120, 2, 2, 2, 1))

```

Візуалізація результатів

```

apgar_bot.show_trend()

```

Додаток Б

Реалізація алгоритму оцінки стану немовлят згідно шкали Silvermann.

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
class SilvermanMonitor:
    def __init__(self):
        # Часовий масив для накопичення результатів (0, 15, 30 хв тощо)
        self.history = []
        self.time_stamps = []
    def calculate_silverman_vector(self, chest_mov, inter_retract, ster_retract,
chin_mov, grunting):

```

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

"""
ЕТАП 1: ЧИСЛОВИЙ МАСИВ
0 - норма, 1 - помірна патологія, 2 - важка патологія.
"""

# Створення вектора параметрів респіраторного дистресу
vector = np.array([chest_mov, inter_retract, ster_retract, chin_mov, grunting])
return vector

def apply_logical_matrix(self, total_score):
    """
    ЕТАП 2: ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ (РЕВЕРСИВНА)
    Чим вищий бал, тим агресивнішою має бути медична дія.
    """

    if total_score == 0:
        return {"status": "Норма", "color": "green", "action": "Спостереження"}
    elif 1 <= total_score <= 3:
        return {"status": "Легка ДН", "color": "yellow", "action": "Киснева маска"}
    elif 4 <= total_score <= 6:
        return {"status": "Середня ДН", "color": "orange", "action": "СРАР терапія"}
    else:
        return {"status": "Критична ДН", "color": "red", "action": "ШВЛ (Інтубація)"}

    def add_entry(self, time_label, vector_data):
        score = np.sum(vector_data)
        interpretation = self.apply_logical_matrix(score)
        self.history.append(score)
        self.time_stamps.append(time_label)
        return score, interpretation

    def plot_respiratory_trend(self):
        """
        ЕТАП 3: ГРАФІЧНИЙ ТРЕНД (ПРАГНЕННЯ ДО НУЛЯ)
        Візуалізація успішності розправлення легень.
        """

        plt.figure(figsize=(10, 5))
        plt.plot(self.time_stamps, self.history, marker='s', color='#2c3e50',
linewidth=2)
        # Кольорове зонування згідно з логічною матрицею
        plt.axhspan(7, 10, color='red', alpha=0.2, label='Критична ДН')
        plt.axhspan(4, 6, color='orange', alpha=0.2, label='Середня ДН')
        plt.axhspan(1, 3, color='yellow', alpha=0.2, label='Легка ДН')
        plt.axhspan(0, 0.5, color='green', alpha=0.2, label='Норма')
        plt.ylim(-0.5, 10.5)
        plt.title("Тренд дихальної недостатності (Шкала Сільвермана)")
        plt.ylabel("Сумарний бал (Чим нижче, тим краще)")

```

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```
plt.legend(loc='upper right')
plt.grid(axis='y', alpha=0.3)
plt.show()
```

--- Приклад роботи системи ---

```
silverman = SilvermanMonitor()
```

0 хв: дитина має важке втягнення груднини та стогін (бал 7)

```
silverman.add_entry("0 хв", [1, 1, 2, 1, 2])
```

30 хв: після СРАР стан покращився (бал 3)

```
silverman.add_entry("30 хв", [1, 1, 0, 1, 0])
```

60 хв: стабілізація (бал 0)

```
silverman.add_entry("60 хв", [0, 0, 0, 0, 0])
```

```
silverman.plot_respiratory_trend()
```

					ДП.МТІР.10659070.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		