

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**СУЧАСНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЛЯ  
ВИЗНАЧЕННЯ І ДІАГНОСТУВАННЯ  
ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2011

УДК 612.176

ББК 88.37 в 7

С 91

Автори:

**С. М. Злепко, О. П. Мінцер, В. В. Сергєєва, О. Ю. Азархов,  
С. В. Костішин**

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 28. 10. 2010 р.).

Рецензенти:

**Квєтний Р. Н.**, доктор технічних наук, професор

**Хаїмзон І. І.**, доктор технічних наук, професор

**С 91 Сучасні методи і засоби для визначення і діагностування емоційного стресу** : монографія / за заг. ред. О. П. Мінцера. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 228 с.

ISBN 978–966–641–392–8

В монографії розглянуто сучасні методи і засоби для визначення і діагностування емоційного стресу. Подано загальний аналіз основних моделей стресу. Описані методи і системи для діагностування і визначення рівня емоційного стресу. Подано детальну класифікації стресу. Розроблено медичну інформаційну систему для діагностування емоційного стресу – МІС–ДЕС. Подано обґрунтування вибору психофізіологічних показників організму. Наведено методики та приклади застосування описаних математичних моделей для визначення рівня емоційного стресу.

**УДК 612.176**

**ББК 88.37 в 7**

**ISBN 978–966–641–392–8**

© С. Злепко, О. Мінцер, В. Сергєєва, О. Азархов, С. Костішин, 2011

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. МЕДИКОПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТКУ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ	
1.1. Поняття, визначення і класифікація стресу.....	9
1.1.1. Адаптація організму людини до дії стресогенних факторів.....	15
1.2. Емоційний стрес, як взаємодійна сукупність психічної і фізіологічної компонент здоров'я людини.....	23
1.3. Особливості протікання стресу в екстремальних умовах.....	46
1.4. Особливості протікання емоційного стресу в молодому віці.....	49
РОЗДІЛ 2. ІСНЮЮЧІ МЕТОДИ І СИСТЕМИ ДЛЯ ДІАГНОСТУ- ВАННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ	
2.1. Загальні методи і принципи визначення рівня емоційного стресу.....	56
2.2. Інструментальні і приладові методики в діагностиці стресу.....	65
2.3. Психологічні методики визначення емоційної стресостійкості.....	87
2.4. Типологія захисних механізмів психічної адаптації .....	94
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ	
3.1. Метод визначення рівня емоційного стресу.....	96
3.1.1. Обґрунтування вибору психофізіологічних показників організму людини для діагностування стресу.....	102
3.1.2. Оцінювання стресостійкості організму людини за принципом біологічного зворотного зв'язку.....	114
3.2. Рекомендації щодо оцінювання реакції людини на емоційний стрес.....	120
3.3. Особливості обробки біомедичної інформації, зумовленої емоційним стресом .....	132

РОЗДІЛ 4. МЕДИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ	
ДІАГНОСТУВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ МІС–ДЕС	
4.1. Розроблення архітектури МІС–ДЕС.....	140
4.2. Вибір елементної бази.....	145
4.2.1. Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	145
4.2.2. Вибір елементної бази для первинних перетворювачів біомедичної інформації.....	148
4.3. Особливості побудови алгоритмічно-програмного забезпечення МІС–ДЕС.....	159
4.3.1. Вибір програмного середовища.....	159
4.3.2. Алгоритм оцінювання варіабельності серцевого ритму та аналізу кардіоінтервалограм.....	162
4.3.3. Узагальнений алгоритм аналізу ЕЕГ.....	169
РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІС-ДЕС	
5.1. Оцінка ефективності методу діагностування емоційного стресу і медичної інформаційної системи.....	175
5.2. Багатофункціональна прогнозна модель оцінки ефективності методу діагностування стресу за допомогою МІС–ДЕС.....	181
5.3. Порівняльний аналіз розробленої МІС–ДЕС та існуючих аналогів.....	198
ПІСЛЯМОВА.....	204
ДОДАТОК А.....	207
ЛІТЕРАТУРА.....	216

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АГ	артеріальна гіпертензія
АКТГ	адренокортикотропні гормони
АТ	артеріальний тиск
БАЛ	бал автономної лабільності
БД	база даних
БЗЗ	біологічно зворотний зв'язок
БМІ	біомедична інформація
БМС	біомедична система
БПМ	багатофункціональна прогнозна модель
ВООЗ	Всесвітня Організація Охорони Здоров'я
ВСР	варіабельність серцевого ритму
ГРВ	газорозрядна візуалізація
ДЕС	діагностика емоційного стресу
ЕАШ	електрична активність шкіри
ЕЕГ	електроенцефалограма
ЕКГ	електрокардіограма
ЕМГ	електроміограма
ЕОГ	електроокулограма
ЕРС	електрорушійна сила
ЕШП	електрошкірне подразнення
ЗЗ	зворотний зв'язок
ІП	інформаційний показник
ІТО	індивідуальний типологічний опитувальник
ІХС	ішемічна хвороба серця
ІЧ	інфрачервоний
КІГ	кардіоінтервалограма
КІХ	кінцева імпульсна характеристика
КМОП	кремній–метал–окис–напівпровідник
ЛЧН	латентний час напруження
ЛЧР	латентний час розслаблення
МІС	медична інформаційна система
МОЕЕ	модель оцінки ефективності елементів

МОЕП	модель оцінки ефективності планування
МПЗОЕ	модель прогнозування загальної оцінки ефективності
МПС	мікропроцесорна система
ОВ	описовий вираз
ОП	операційний підсилювач
ОС	операційна система
ПК	периферійний кровотік
РС	ритм серця
САН	тест диференціальної оцінки функціонального стану
ССС	серцево-судинна система
ФВЧ	фільтр високих частот
ФНЧ	фільтр низьких частот
ФПГ	фотоплетизмограма
ХМ	холтерівське моніторування
ЦАП	цифрово-аналоговий перетворювач
ЦНС	центральна нервова система
ЦПУ	центральний пульт управління
ЧД	частота дихання
ЧСС	частота серцевих скорочень
ШГО	шкірно-гальванічний опір
ШГР	шкірно-гальванічна реакція
ШІГ	шкірно-імпульсна модуляція
ШП	шкірний потенціал

## ВСТУП

Вивчення проблеми емоційного стресу і механізмів індивідуальної стійкості до стресу при сучасному рівні науково-технічного прогресу є особливо актуальним. Без сумніву, емоційний стрес – це загально-людська проблема, яка набула гострої соціальної направленості і перейшла від вузькомедичної в розряд загальносоціальних проблем.

Хронічний стрес грає велику роль як в житті окремого індивіда, так і в суспільстві в цілому. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ), кожна четверта людина на Землі має певні проблеми з психічним здоров'ям, велика кількість яких обумовлена стресами. Прогнози ВООЗ невтішні: до 2020 р. психічні розлади вийдуть на друге місце по частоті, поступаючи тільки серцево-судинним захворюванням.

Концепція розвитку і «поведінки» стресу невловима від того, що вона нечітко визначена. Саме слово «стрес» зрозуміле як професіоналам, так і непрофесіоналам. Його всі розуміють, коли воно вживається в загальному контексті, і мало хто розуміє, коли треба дати більш точне обґрунтування, і це, можливо, являється головною проблемою.

Емоційний стрес – це стан психофізичного напруження, що виникає у людини під впливом сильних дій та супроводжується мобілізацією захисних систем організму й психіки. Іншими словами, емоційний стрес – реакція організму на будь-який подразник [1, с. 16].

Стрес готує організм до дії – боротися із загрозою чи втекти від неї. Проте сучасні соціальні фактори суттєво змінюють реакцію на стрес. На відміну від тварини у людини під впливом стресу розвиваються емоційні переживання.

Кожний з нас, потрапляючи в стресову ситуацію, проходить три її стадії: тривогу, адаптацію та реалізацію. Перші дві допомагають пристосуватися до нового стану, мобілізують організм пережити третю стадію. Саме вона найнебезпечніша. Про людину, яка перебуває в стані хронічного стресу, лікарі кажуть: «Застряг на стадії реалізації». Це означає, що стрес підкорює свідомість: людина весь час повертається думками до неприємності, що спіткала її й не може вирватися з полону переживань та обтяжливих спогадів.

Тривалий стрес призводить до виснаження імунних запасів організму, сповільнення обмінних процесів, виникнення проблем з органами травлення.

Але найбільшої шкоди стрес завдає серцево-судинній системі [2, с. 54–60, 224–230, 250], коли першим його проявом часто стає так звана вегето-судинна дистонія (порушення регуляції тону судин), при якій «стрибає» кров'яний тиск, з'являються болі в області серця, часті головні болі, мігрень. Тривалий судинний спазм, що розвивається у відповідь на стрес, призводить до кисневого голоду серцевого м'яза, спричинюючи ішемічну хворобу серця, (стенокардію, інфаркт міокарда, аритмію), атеросклероз й згущування крові, що загрожує утворенням тромбів, розвивається гіпертонічна хвороба, виникає ризик розвитку інсульту.

На сьогодні практично відсутні спеціалізовані програмні комплекси або прилади для визначення рівня психоемоційного стресу. Особливо гостро ця проблема постає в завданнях забезпечення контролю за виникненням і розвитком стресу у операторів різного профілю діяльності в процесі виконання ними професійних обов'язків.



# РОЗДІЛ 1

## МЕДИКОПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТКУ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ

### 1.1. Поняття, визначення і класифікації стресу

*Сельє* в повсякденному житті людини виділяє два типи стресу – *зустрес* або *еустрес* (грец. eu – добре) та *дистрес*; еустрес пов'язаний з бажаним ефектом і впливає на людину позитивно, мобілізує та підвищує адаптаційні можливості людського організму; дистрес (грец. dis – погано) – є небажаним, який завжди неприємний та являється показником шкідливого стресу [1, с. 19; 3]. Шкідливість стресу для здоров'я визначається тривалістю, інтенсивністю, новизною, множинністю стресових ситуацій.

Стрес за характером походження (рис. 1.1) є фізіологічний, який викликаний надмірним фізичним навантаженням; психологічний, зумовлений складними відносинами з оточенням; інформаційний – породжений надмірністю, недостатністю або безсистемністю життєво важливої інформації; управлінський – зумовлений великою відповідальністю за прийняті рішення; емоційний, який проявляється в ситуаціях загрози чи небезпеки.

Стреси можуть бути гострі, або шоківі, які викликані різними екстремальними ситуаціями: хронічні, що припускають наявність постійного значного фізичного й морального навантаження на людину і психосоціальні.

Гострий стрес розвивається миттєво з обов'язковим включенням нервової, симпатико-адреналінової, серцево-судинної систем і системи гіпофіз-кора наднирників. В перші хвилини виникнення гострого стресу реєструються його основні прояви, які зачіпають нервову і серцево-судинну системи. Хронічний стрес виникає при тривалій чи повторній взаємодії як сильних, так і відносно слабких стресорів.

Характер стресової реакції, що призводить до адаптації та хвороби, визначається різноманітними факторами: за модальністю – є позитивним і негативним, конструктивним та деструктивним.

Окремо виділяють такі різновиди стресових станів, як фрустрація та посттравматичний стрес. Стрес буває біологічний та патологічний, для якого характерні психосоматичні розлади та нестандартні види стресу [4].



Рис. 1.1. Класифікація стресу

Емоції розрізняють за модальністю (якістю), зокрема – знаком, за інтенсивністю, тривалістю, глибиною, генетичним походженням, складністю (прості і складні), умовами виникнення (статичні–астенічні), формою свого розвитку, за рівнями прояву в будові психічного (вищі–нижчі), за психічними процесами, з якими вони пов’язані, за потребами (інстинктами), за предметним змістом і направленістю (рис. 1.2).

I. За філогенетичним розвитком (по складності) (див. рис. 1.2) емоції поділяються на:

1) протопатичні або нижчі емоції – підкоркові, таламічні, філогенетично більш стародавні, елементарні (задоволення почуття голоду, спраги, статевих відчуттів). Пов’язані з інстинктами, первісними потягами та їх задоволенням;

2) епікритичні чи вищі («почуття») є корковими, притаманними лише людям, філогенетично більш молодим. До них відносяться почуття інтелектуальні, моральні, естетичні.

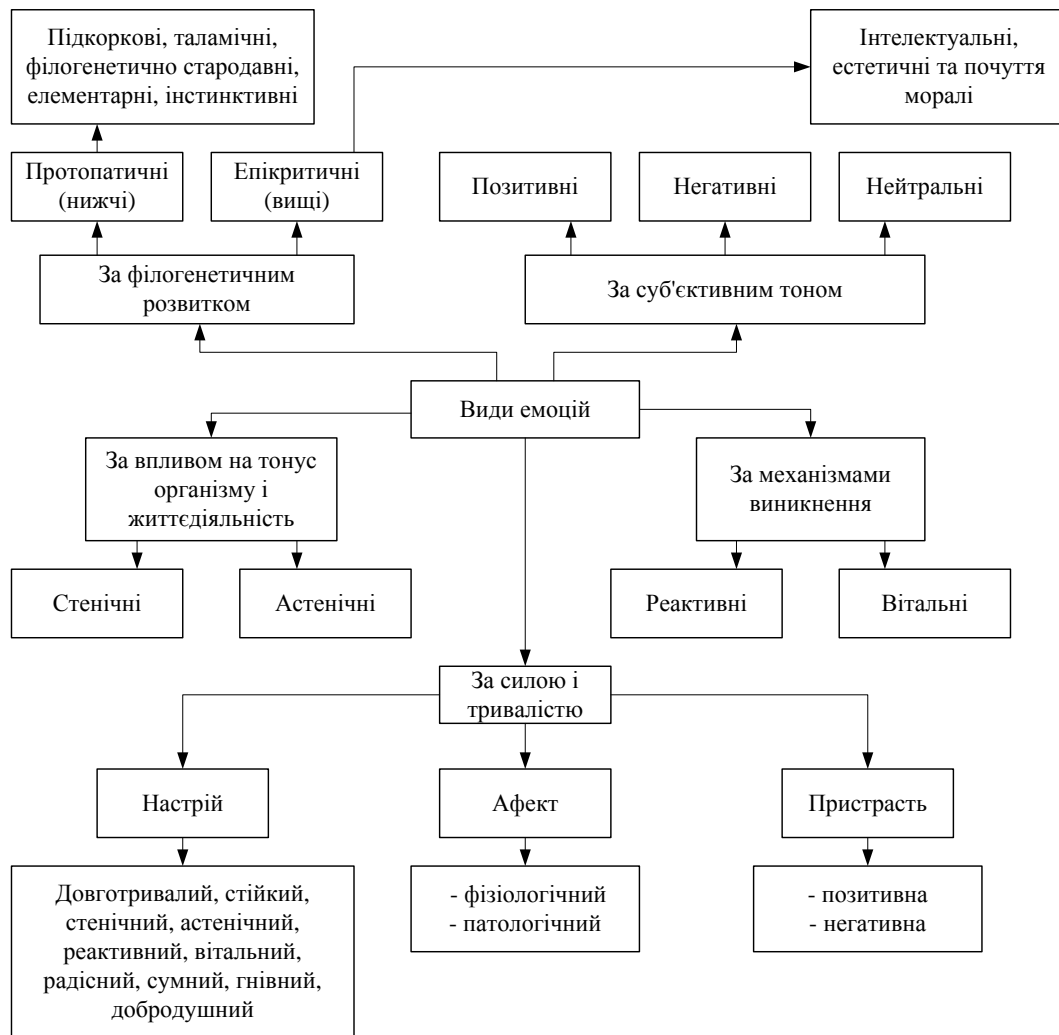


Рис. 1.2. Класифікація емоцій

В людини вищі емоції переважають над нижчими.

II. За суб'єктивним тоном (сприймаються як суб'єктивно приємні, неприємні чи нейтральні) (див. рис. 1.2) емоції поділяються на позитивні, негативні та нейтральні.

III. За впливом на тонус організму і життєдіяльність емоції бувають:

1) стенічні (підвищують тонус організму – від грецького «stenos» – сила);

2) астенічні (знижують тонус організму «asthenos» – слабкість).

Емоції виражаються в стенічній та в астенічній формах, в залежності від типу нервової системи і вольових якостей людини.

IV. За механізмами виникнення (див. рис. 1.2).

Емоції виникають на основі внутрішніх потреб (ендогенний шлях) і внаслідок зовнішніх подразників чи пізнання суб'єктом певних подразнень зовнішнього середовища (екзогенний шлях), тобто на основі механізмів пам'яті. Зовнішні впливи суттєво змінюють емоції, які виникли ендогенно.

1. Реактивні – виникають в якості реакції на зовнішній стимул.

2. Вітальні – переживання, пов'язані зі зміною біотонусу організму та функціонування систем, які беруть участь у реалізації емоційних реакцій.

V. За силою і тривалістю (див. рис. 1.2.):

1. Настрій – це відносно слабкий емоційний стан, що захоплює на деякий час всю особистість і відображається на діяльності, поведінці людини. Настрій є довготривалим, стійким, може продовжуватись днями, тижнями, місяцями і захоплювати цілий період життя людини. Він буває стенічним або астенічним, реактивним чи вітальним, радісним чи сумним, гнівним чи добродушним і викликається різними обставинами та фізичним самопочуттям.

2. Афект – це короткочасна емоційна реакція, що бурхливо протікає, на зразок «емоційного вибуху», що супроводжується рухливим перезбудженням або викликає заціпеніння руху і загальмованість мови (відчай, страх):

а) фізіологічний афект: викликається сильними подразниками у представників неурівноваженого типу нервової системи з переважаням процесів збудження;

б) патологічний афект: виникає на ґрунті органічної патології головного мозку, що поєднується з сутінковим розладом свідомості і супроводжується агресивними, руйнівними діями у відповідь на будь-який зовнішньо незначний чинник з подальшим анамнезуванням подій.

3. Пристрасть – сильне, стійке і глибоке почуття, зумовлене певними інтересами і діяльністю, яке захоплює всю людину і підкоряє собі основну спрямованість її думок і дій. За спрямованістю є позитивною і негативною.

Емоції виконують функцію *оцінки* [5, 6, с. 5–25], яка є опосередкованим продуктом мотиваційної значимості відображених предметів.

Здатність емоцій порушувати цілеспрямовану діяльність лягла в основу теорій, які підкреслюють *дезорганізаційну* функцію емоцій, згідно з яким порушення діяльності є не прямим, а побічним проявом емоцій.

Поняття «стрес» в сучасній психології та медицині включає в себе уявлення про зв'язки стресу із навантаженням на біологічні, психологічні та соціально-психологічні системи. Стрес є фізіологічним синдромом неспецифічних реакцій організму на пред'явлені до нього потреби. При емоційному стресі вплив психічних стресорів опосередкований через складні психічні процеси, які забезпечують оцінку стимулу і співставлення його з попереднім досвідом. Стимул набуває характеру стресора у випадку, коли в результаті психологічної обробки стимулу виникає почуття загрози. Суб'єктивне відношення до стимулу, особистісні особливості характеру когнітивних процесів і психічного стану, представляють собою важливий психологічний механізм і визначають індивідуальну значимість стресора.

Найбільш важливою різницею між фізіологічним та психологічним стресами є те, що фізіологічний стрес викликає високостереотипні реакції за рахунок нервових і гормональних механізмів. Згідно з термінологічною теорією Леймана психологічний стрес не завжди приводить до очікуваних реакцій (рис. 1.3) [1, с. 16–18].

Аналіз наукової літератури показує, що вивчення стресу відноситься до однієї з трьох груп, які представляють основні підходи до проблеми його визначення. Ці підходи обговорювалися різними авторами, такими, як *Лазарус* (1966), *Еплі і Трамблер* (1967), *Левіне і Скот* (1970), *Кокс* (1975).

Перший підхід трактує стрес як залежну змінну, визначаючи її як відповідь організму на оточення, що його турбує, або таке, яке є для нього шкідливим.

Другий підхід описує стрес з точки зору стимулюючих впливів цього тривожного чи шкідливого середовища і таким чином вважає стрес незалежною змінною.

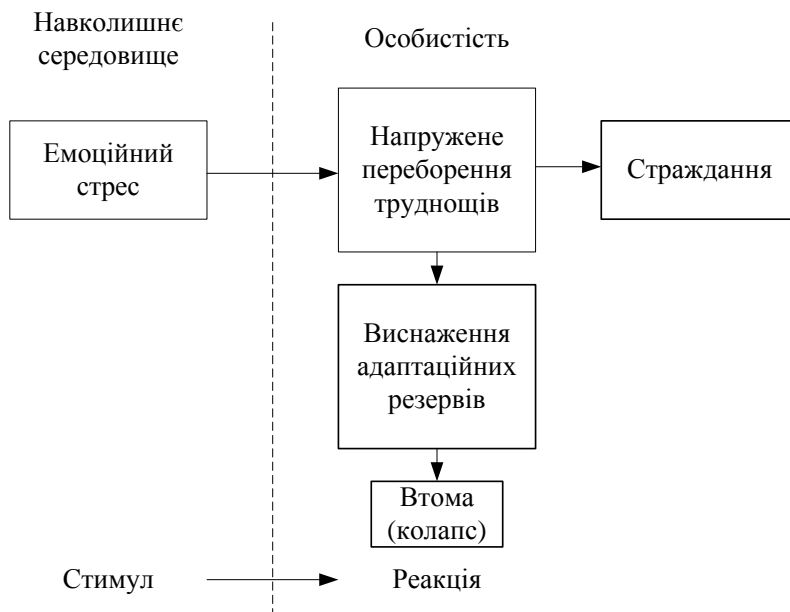


Рис. 1.3. Модель стресу (термінологічна) *Леймана*

Третій і, мабуть, найбільш точний підхід розглядає стрес як відповідну реакцію на відсутність «відповідності» між особистістю і середовищем. В цій формі стрес вивчається з точки зору взаємодії попередніх йому факторів і його наслідків (рис. 1.4).

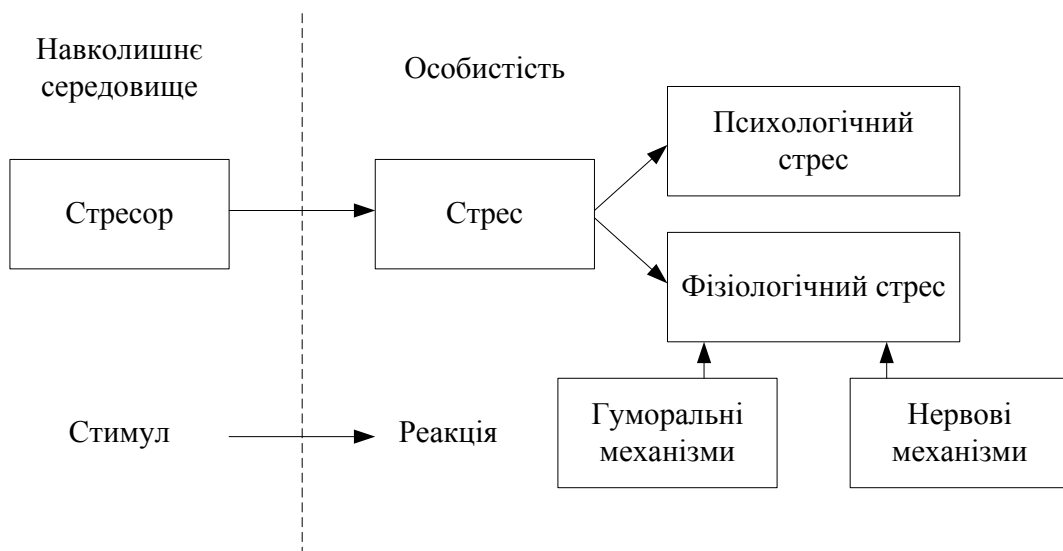


Рис. 1.4. Модель стресу, яка основана на реакціях-відповідях

### 1.1.1. Адаптація організму людини до дії стресогенних факторів

Фізіологічні і психологічні дослідження тривалого стресу виділяють в першій стадії три періоди адаптації до стійких стресогенних впливів (рис. 1.5).

В перший період відбувається активація адаптаційних форм реагування за рахунок мобілізації в основному «поверхневих» резервів, тривалість якого вимірюється хвилинами, годинами та відрізняється стенічними емоціями і підвищеною працездатністю. Якщо мобілізована «по тривозі» адаптаційна захисна активність не завершує стресогенності впливу, починають діяти закладені в організмі «програми» перебудови існуючої в неекстремальних умовах «функціональної системності» і становлення її повної форми, адекватної екстремальним потребам середовища. Ця перебудова розглядається як другий період на першій стадії розвитку стресу, для якого характерний хворобливий стан людини з пониженням працездатності.

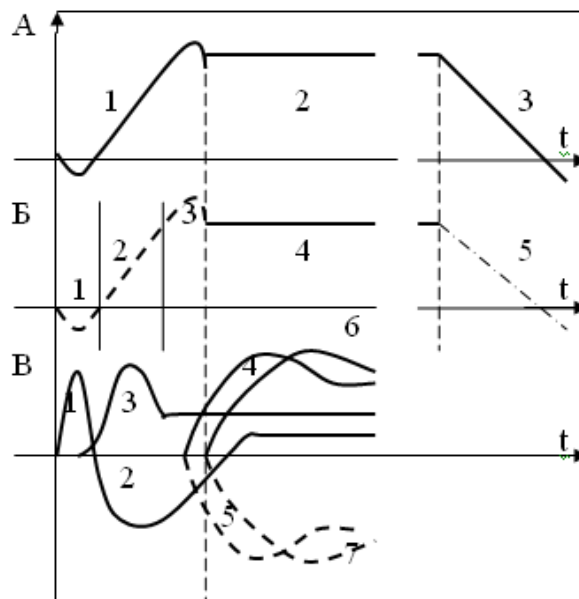


Рис. 1.5. Схема розвитку стресу

На рис. 1.5. показані стадії розвитку стресу згідно *Г. Сельє*: «тривога» – реакція (А1); фаза резистентності (А2); виснаження адаптаційних резервів (А3); Б – фази адаптації при стресі: руйнування функціональної системності (1); становлення нової «функціональної сис-

теми» (2); фаза нестійкої адаптації (3); фаза стійкої адаптації (4); фаза руйнування «функціональної системності» (виснаження) (5); В – динаміка зміни форм адаптаційної активності при стресі: емоційно-поведінкова активність (1); емоційно-поведінкова пасивність (2); превентивно-захисна вегетативна активність (3); посилення розумової активності «позитивне» (4) і «негативне» (5); активація спілкування – «позитивна» (6) і «негативна» (7).

Тривога [7, с. 28] представляє собою істотний елемент процесу психічної адаптації, початковою ланкою якої є відчуття внутрішньої напруги, що служить лише сигналом її наближення, створюючи душевний дискомфорт. Власне тривога є центральним елементом і проявляється відчуттям невизначеної загрози, характерною ознакою якої є неможливість визначення її характеру та передбачити час виникнення. Наступною ланкою тривоги, яка супроводжує виникнення стресу на її початковій стадії, є страх – це тривога, конкретизована на певному стресорі з подальшим наростанням інтенсивності тривожних розладів і виникненням тривожно-боязливого збудження, викликаного тривогою. Дезорганізація досягає максимуму і можливість цілеспрямованої діяльності зникає.

Посилення тривоги призводить до підвищення інтенсивності дії двох взаємопов'язаних адаптаційних механізмів [7, с. 67–70] – алопсихічного, який діє, коли відбувається модифікація поведінкової активності, та інтрапсихічного, який забезпечує редуцію тривоги завдяки переорієнтації особистості.

Згідно досліджень *В. Н. Васильєва* (рис. 1.6) на першій стадії, стресі очікування, відбувається мобілізація та підготовка організму до стресу, ввімкнення захисних механізмів.

Роль першої фази стресу полягає в мобілізації захисних сил організму та подання в необхідний момент достатньо енергії для адекватної реакції.

При повторній взаємодії одних і тих же стресорів настає друга фаза – власне стрес, «стадія резистентності» – максимально ефективна адаптація [7, с. 35] (див. рис. 1.5), для якої характерна збалансована витрата адаптаційних резервів.



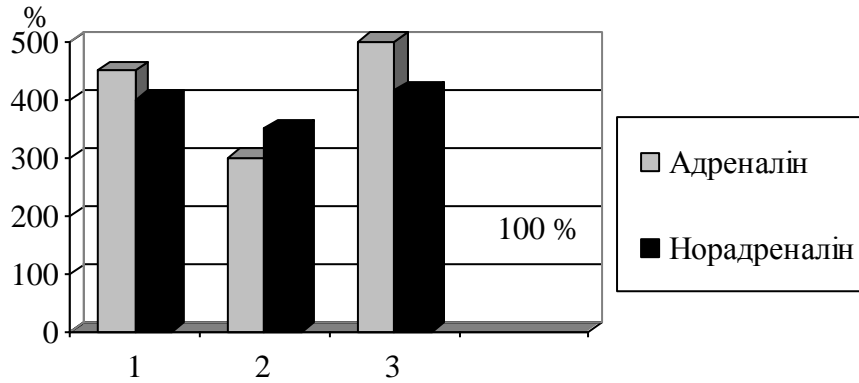


Рис. 1.6. Фази стресу за В. Н. Васильєвим:

1 – стрес очікування; 2 – істинний стрес; 3 – постстрес

Підготовлений в першій фазі організм добре переносить другу фазу, реалізуючи максимум своїх можливостей. Організм починає адаптуватися до подальшого впливу стресора. Зміни в організмі, характерні для реакції тривоги, зникають, а замість них з'являються зміни, які свідчать про адаптацію людини в цій ситуації.

При тривалому стресі настає дистрес, гіперстрес, який швидко вичерпує резерви симпатико-адреналінової системи та веде до руйнування механізмів адаптації. Резистентність організму піднімається вище норми. На цій стадії організм адаптується до стресу: стресові реакції поступово послаблюються, вони не досягають більше такого високого функціонального рівня. Це означає, що можна в відомих межах тренувати стійкість організму до різних стресорів.

В кожному організмі існує визначений поріг больової чутливості, проте при впливі стресора на організм поріг больової чутливості значно підвищується і для проявлення больових рефлексів потрібен подразник значно більшої сили. Механізм знеболювального ефекту стресу пов'язаний з тим, що гормони, які секретуються гіпофізом – бета-ендорфін і споріднені з ним енкефаліни – мають знеболювальну, морфіноподібну дію [8, с. 27–29].

Ступінь опору стресу пов'язаний з адаптаційними можливостями організму та рівнем стресостійкості (рис. 1.7), завдяки яким рухливі системи живих організмів, незважаючи на мінливість умов, підтримують стабільність, яка необхідна для існування і розвитку.

Результати досліджень дозволяють встановити, що індивідуальний рівень психічного напруження залежить від комплексного впливу на організм позитивних і негативних подій, які відбуваються в житті людини. Високий рівень стресового навантаження призводить до психосоматичних захворювань [9, с. 9].

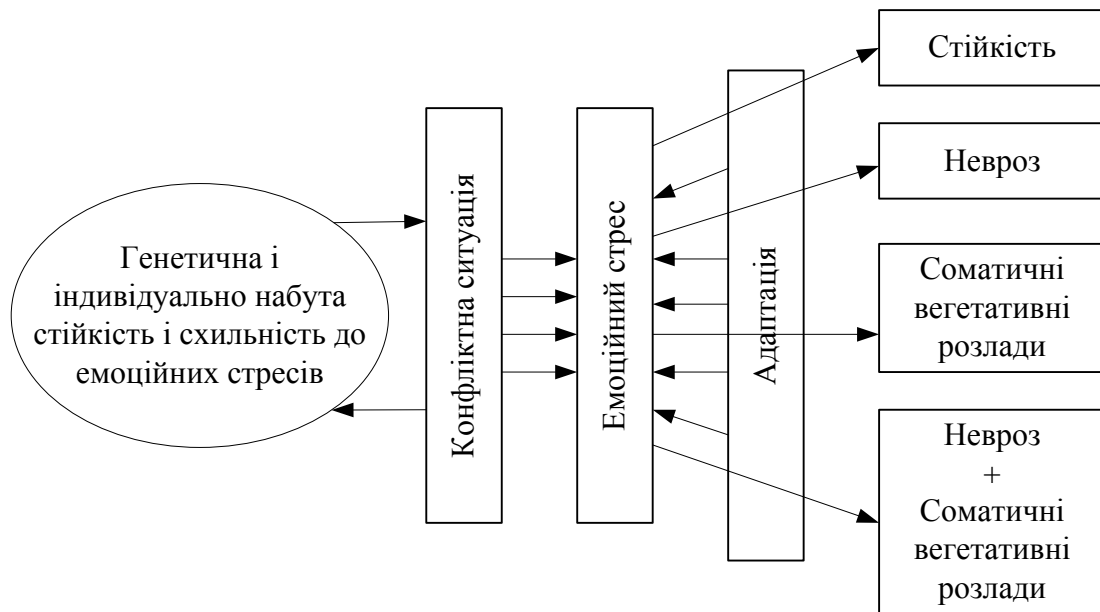


Рис. 1.7. Схема генезу емоційного стресу

Тривалі негативні емоційні стани викликають якісно новий рівень функціональної активності, приводять до напруження і перенапруження нейрофізіологічних систем організму.

Якщо стресор продовжує діяти, настає третя – «стадія виснаження» (див. рис. 1.5) – постстрес – порушення адаптаційного процесу [7, ст. 45–54]. Кінцева стадія – це стадія виснаження в повному значенні цього слова. При тривалому впливі одного і того ж стресора, навіть того, до якого організм пристосувався, енергія, необхідна для адаптації, може вичерпатися і виникне колапс. Загальний адаптаційний синдром (рис. 1.8) складається з трьох стадій: перша – реакція тривоги; друга – стадія резистентності, під час якої відбувається збалансована витрата адаптаційних резервів [7, с. 35] і третя, заключна, стадія – виснаження і колапс.

Розглянемо стрес у вигляді кривої, кінці якої закріплені в точках  $x = a$ ,  $x = b$  осі  $x$ . Будемо вважати, що величина напруги в ній

дорівнює числу  $T$ . На момент часу  $t = 0$ , внаслідок впливу стрес-факторів, крива вийде зі стану рівноваги.

Відхилення кривої в будь-якій її точці на абсцисі  $x$  і в момент часу  $t$  позначимо через  $u = u(x, t)$ , ( $a \leq x \leq b$ ,  $t \geq 0$ ).

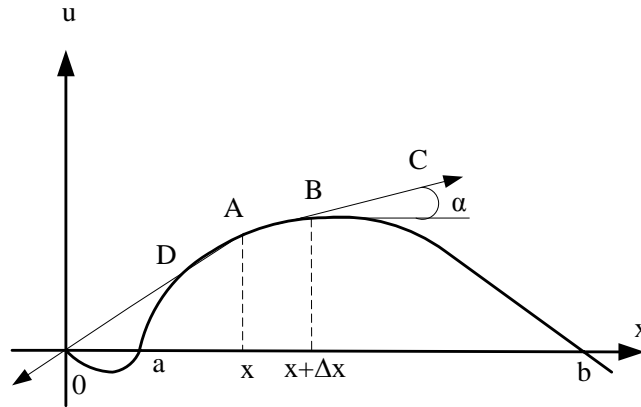


Рис. 1.8. Графічне зображення виникнення емоційного стресу

Виведемо диференціальне рівняння, яке задовольняє функцію  $u$ .

Припустимо, що на елемент, який відповідає відрізку  $[x, x + \Delta x]$ , діють дві сили натягу  $\vec{BC}$  і  $\vec{AD}$ . Скалярна величина кожної із цих сил рівна  $T$ :

$$|\vec{BC}| = |\vec{AD}| = T.$$

Сила  $\vec{BC}$  прикладена до точки  $B$ , яка має абсцису  $x, x + \Delta x$ , направлена по дотичній до кривої в цій точці і утворює з напрямленою віссю  $x$  кут  $\alpha$ , тангенс якого

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\partial u(x + \Delta x, t)}{\partial x}.$$

Припустивши, що крива, при впливі на організм людини незначних стрес-факторів, здійснює малі коливання, можна вважати, що  $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ .

Проекція сили  $\vec{BC}$  на вісь  $u$  дорівнює

$$T \sin \alpha \approx T \frac{\partial u(x + \Delta x, t)}{\partial x}.$$

Проекція сили  $\vec{AD}$  на вісь  $u$  дорівнює

$$T_1 \sin \alpha \approx -T \frac{\partial u(x, t)}{\partial x}.$$

Сума цих проекцій дорівнює

$$T \frac{\partial u(x + \Delta x, t)}{\partial x} - T \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \approx T \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} \Delta x.$$

Якщо прийняти інтенсивність та тривалість впливу стрес-факторів на біооб'єкт за  $\ell$ , то суму проекцій можна представити у такому вигляді:

$$\ell \Delta x \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2}.$$

На основі закону Ньютона

$$\ell \Delta x \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Delta x.$$

Скоротивши на  $\Delta x$ , отримаємо диференціальне рівняння коливання кривої:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}; \quad (a^2 = \frac{T}{\ell}). \quad (1.1)$$

Поставлену математичну задачу вирішуємо, вираховуючи лінійне диференціальне рівняння з власними похідними другого порядку (1.1) при початкових умовах

$$u(x,0) = f(x), \quad \frac{\partial u(x,0)}{\partial t} = F(x), \quad (1.2)$$

і за крайніх умов

$$u(0,t) = u(\pi,t) = 0. \quad (1.3)$$

Початкові умови (1.2) показують, в якому положенні знаходилася крива в початковий момент часу і яка швидкість впливу емоційного навантаження кожної її точки при  $t = 0$ . Функції  $f(x)$  і  $F(x)$  – задані функції.

Крайні умови (1.3) показують, що кінці кривої закріплені в точках  $a = 0$  і  $b = \pi$ .

Розв'язання поставленої задачі проводимо методом Фур'є [10, с. 334]. Знаходимо спочатку розв'язок рівняння (1.1) у вигляді виразу

$$u(x,t) = X(x)T(t). \quad (1.4)$$

яке задовольняє граничні умови

$$\left. \begin{aligned} X(0)T(t) &= 0 \\ X(\pi)T(t) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.5)$$

для всіх  $t > 0$ . Але тоді  $X(0) = X(\pi) = 0$ , тому що, інакше було б  $T(t) \equiv 0$  і  $u(x,t) \equiv 0$ .

Підставивши вираз (1.4) в (1.1), отримаємо

$$XT'' = a^2 X''T,$$

або

$$\frac{1}{a^2} \frac{T''}{T} = \frac{X''}{X}.$$

Але функція від  $t$  може дорівнювати функції від  $x$ , тільки якщо обидві вони дорівнюють постійному числу, яке позначимо через  $-\mu$ :

$$\frac{1}{a^2} \frac{T''}{T} = \frac{X''}{X} = -\mu.$$

В результаті отримаємо два звичайні диференціальні рівняння

$$X'' + \mu X = 0; \quad X(0) = X(\pi) = 0; \quad (1.6)$$

$$T'' + a^2 \mu T = 0. \quad (1.7)$$

Рівняння (1.6) необхідно розв'язувати з крайніми умовами  $X(0) = X(\pi) = 0$ , розв'язавши проблему Штурмана–Ліувілля [10, с. 336], розв'язком якої є числа (власні значення)  $\mu_k = k^2$ , ( $k = 1, 2, \dots$ ) і відповідні їм нетривіальні функції (власні функції)  $X_k(x) = \sin kx$ , ( $k = 1, 2, \dots$ ), які задовольняють при цих функціях умови (1.5).

Загальний розв'язок рівняння (1.7) при знайдених  $\mu_k = k^2$  має вигляд

$$T_k(t) = A_k \cos akt + B_k \sin akt, \quad (k = 1, 2, \dots).$$

Відповідно, всі розв'язки диференціального рівняння (1.1) виду (1.4), що задовольняються граничними умовами (1.5), запишуться у вигляді

$$u_k(x, t) = (A_k \cos akt + B_k \sin akt) \sin kx, \quad (k = 1, 2, \dots),$$

де постійні  $A_k$  і  $B_k$  для кожного  $k$  можуть бути взятими довільно. Але тоді і будь-які суми

$$\sum_{k=1}^N (A_k \cos akt + B_k \sin akt) \sin kx,$$

є суттю розв'язання рівняння (1.1), що задовольняється граничними умовами (1.5). Разом із цими сумами мають такі ж властивості і суми нескінченних рядів

$$\sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos akt + B_k \sin akt) \sin kx, \quad (1.8)$$

якщо числа  $A_k$  і  $B_k$  достатньо швидко прямують до нуля.

Таким чином отримуємо великий запас функцій  $u(x, t)$ , що задовольняють рівняння (1.1) і граничні умови (1.3), та які визначаються формулою (1.8), де числа  $A_k$  і  $B_k$  – довільні.

Для знаходження розв'язання поставленої задачі, що задовольняються початковими умовами (1.2), диференціюємо (1.8) по  $t$  :

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} (-A_k \sin akt + B_k \cos akt) \sin kx, \quad (1.9)$$

прирівняємо (1.8) і (1.9) при  $t = 0$  заданим функціям  $f(x)$  і  $F(x)$  :

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin kx; F(x) = \sum_{k=1}^{\infty} akB_k \sin kx. \quad (1.10)$$

Звідси

$$A_k = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(t) \sin ktdt; B_k = \frac{2}{\pi ak} \int_0^{\pi} F(t) \sin ktdt. \quad (1.11)$$

Якщо функції  $f(x)$  і  $F(x)$  неперервні на  $[0, \pi]$ , то цього достатньо, щоб можна було обчислити числа  $A_k$ ,  $B_k$  з формул (1.11) і ряди (1.10) будуть сходиться до цих функцій у вигляді середнього квадратичного [10, с. 286]. Якщо функції  $f(x)$  і  $F(x)$  неперервні і мають неперервні похідні, то сума ряду (1.8) буде мати другі неперервні похідні.

## **1.2. Емоційний стрес, як взаємодійна сукупність психічної і фізіологічної компонент здоров'я людини**

Останнім часом все частіше починають визначати стрес при вивченні впливу факторів зовнішнього середовища, таких як шум і освітлення. Вивчення умов, які інтуїція заставляє вважати стресогенними, приводить до висновку, що такі стресори не завжди викликають зни-

ження діяльності, особливо через короткий проміжок часу. Характер впливу реально більш складний. Наприклад, шум може не викликати ніяких змін при виконанні психологічних задач, оскільки інтенсифікація чи зниження діяльності залежать від більшості інших зовнішніх і внутрішніх факторів. В той же час, на початку роботи він може навіть посилити і лише пізніше послабити діяльність просто в результаті тривалого впливу (рис. 1.9).

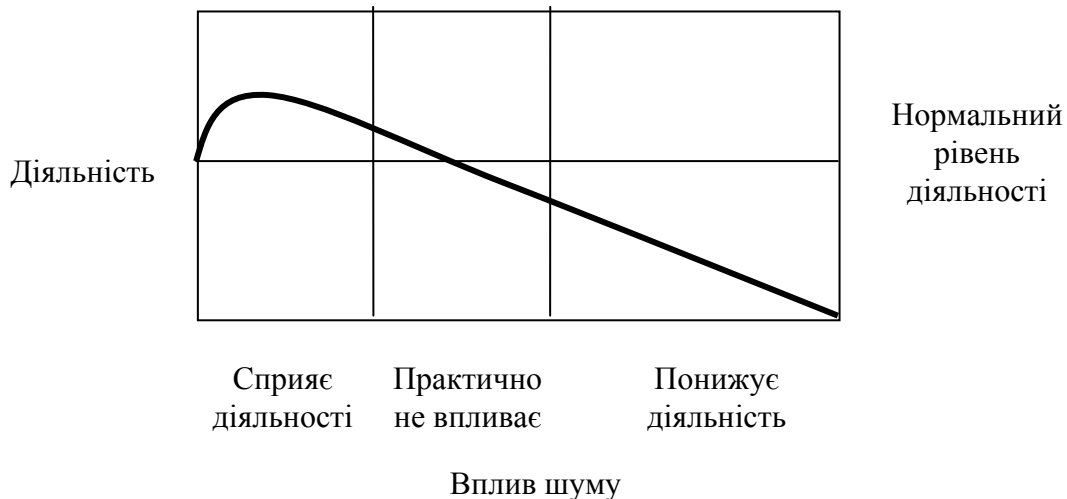


Рис. 1.9. Гіпотетичний вплив шуму на діяльність

Досвід показав [1, с. 23–24], що наслідки, викликані шумом в одному випадку у будь-якої людини, можуть не виникати в іншому випадку в тієї ж самої чи іншої людини. Ця складність стає більш очевидною, якщо згадати, що згідно з точкою зору *Сельє*, людина повинна адаптуватися до дії стресогенних факторів. Неважко уявити собі ситуацію, за якої людина, піддавшись дії явного стресогенного фактора і «давши» на нього характерну фізіологічну реакцію, тим не менше в поведінковому плані адаптується і цілком справляється з поставленою перед нею задачею, зберігаючи нормальний рівень діяльності.

*Levi* (1972), розповсюджуючи цей опис на взаємовідносини між стресом і збудженням вважав, що високі і низькі рівні збудження сприймаються як стресові (рис. 1.10). Комбінація цих функцій дає лінійний зв'язок між стресом і діяльністю. Стрес, який посилюється, приводить до прогресивного падіння діяльності. Проте є дані, які до-



зволюють вважати, що переживання стресу не пов'язане на пряму з рівнем збудження [Burrows et al., 1977] [1, с. 61–63].

Наслідком цього є високий рівень збудження, який може асоціюватися з високим чи низьким рівнем стресу; це ж стосується і низького рівня збудження. Ця ситуація показана на рис. 1.11.

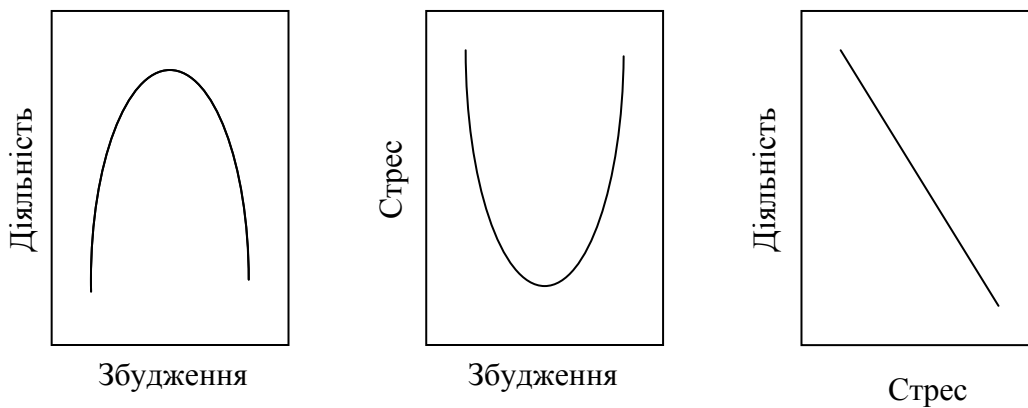


Рис. 1.10. Збудження, стрес і діяльність

Діяльність можна розглядати як і функцію збудження у вигляді оберненого  $U$  і функцію стресу, яка монотонно зменшується.

Інформація, яка використовується для обробки, включає дані не тільки про навколишнє середовище людини і події, які відбулися, але також і про минулі події, взяті з пам'яті.

Таким чином, важливою частиною процесу обробки інформації є інтеграція інформації. Це дозволяє розглядати планування як процес прийняття рішення, яке розпадається на наступні складові: *ідентифікація проблеми, в'яснення і вирішення, координація відповідної реакції і дослідження*. Вважається, що всі ці субпроцеси в більшій чи меншій мірі обумовлені функцією кори головного мозку. Якщо реакція-відповідь пов'язана з когнітивним процесом, то вона також здійснюється в цих структурах, якщо ж це поведінкова чи фізіологічна реакція, вона повинна передаватися через нижчі центри до відповідних виконавчих органів. Поведінкові реакції передаються механізмом, який складається з пірамідної системи, периферичної соматичної нервової системи і скелетних м'язів. Цей механізм

запускається в дію активністю екстра пірамідної системи і управляється активністю моторної кори.



Рис. 1.11. Ортогональна модель збудження і стресу

В своїй роботі *Harris* та ін. (1956) виділяють різні категорії дослідження стресу в залежності від того, які психічні стресори були в них використані:

*Короткочасні стресори* поділяються на п'ять категорій: 1) стресори невдач (піддослідному говорять про його минулі поразки у розв'язанні задачі і пропонують ще раз розв'язати не вирішену проблему);

2) стресори відволікання уваги (піддослідний повинен розв'язати задачу, в той час як його увага відволікається осмисленими чи безглуздими звуками, спалахами світла, подразненням, електротонном і т. д.);

3) стресори, які викликають відчуття страху (дійсна чи імітована загроза піддати піддослідного критиці, звільнити його, загроза фізичної небезпеки чи непередбачуваного завершення стресової ситуації, темрява, важке рішення і т. д.);

4) стресори, які викликають неприємні фізичні відчуття (досліджувані підлягають впливу тепла чи холоду чи взагалі ж сильного стимулу);

5) стресори темпу чи швидкості (від піддослідного вимагається завершити роботу в період, коротший, ніж йому необхідно для завершення подібної роботи; піддослідний повинен розпізнавати предмет чи слідкувати за процесом, який протікає з підвищеними швидкостями).

*Стресові ситуації тривалої дії* поділяються на чотири категорії:

1) стресори боротьби (піддослідний знаходиться в наступі чи ж в обороні протягом тривалого часу);

2) стресори небезпечної роботи (підводників, пілотів, солдатів, які знаходяться поблизу лінії фронту, але не беруть участі в бою);

3) стресори ув'язнення і ізоляції (знаходження на підводному човні, літаку, тюремне ув'язнення);

4) стресори тривалої роботи, які супроводжуються втомою, розумовою чи фізичною, чи одночасно обома.

Вплив стресора на організм приводить до виникнення стресу. Розвиток стресу зазвичай протікає по добре опрацьованій організмом системі. Сигнали від відповідних рецепторів, частіше всього органів чуття, на які діє стресор передається до центральної нервової системи. Тут вони аналізуються нервовими клітинами різних ядер, в результаті чого виробляється рішення про те, як діяти в конкретній ситуації. Це рішення передається у вигляді нервових імпульсів різним органам-виконавцям, які і реалізують відповідь організму.

Далі, стрес, який виник, супроводжується рядом реакцій-відповідей організму, направлених на послаблення чи зняття стресу. Ці реакції-відповіді за своєю природою поділяються на *фізіологічні* та *психологічні*, а останні можна розділити на *когнітивні* і *поведінкові*. *Психологічні реакції-відповіді* часто описуються як механізм, який направлений на подолання стресу, а функція *фізіологічних реакцій-відповідей* виражається в полегшенні виконання цим механізмом його задачі.

В фізіологічних реакціях-відповідях на стрес провідну роль грають основні нейроендокринні системи – симпатико-адреналова і система гіпофіз-кора наднирників; обидві ці системи знаходяться під контролем гіпоталамуса і вищих відділів мозку. На даний час доведено,

що нейроендокринна відповідь на стресовий стимул приводить до вивільнення в загальне кров'яне русло гормонів наднирників: катехоламінів (адреналіну і норадреналіну) з мозкового шару наднирників і глюкокортикостероїдів (в основному кортизолу чи кортикостерона) з кори наднирників [3, с. 54–67].

Якщо дивитися з цієї точки зору, фізіологічні реакції-відповіді на стрес самі являються формою механізму, призначеного для подолання стресу. Над фізіологічними реакціями-відповідями переважають основні психо-ендокринні системи – симпатико-адреналова і система гіпофіз-кора-наднирників. Обидві вони знаходяться під контролем гіпоталамуса і діяльності вищих відділів мозку. До вивчення цього психо-ендокринного домінування над фізіологічними реакціями-відповідями на стрес можна підійти з біохімічних позицій. Електрофізіологія переважає над психофізіологією стресу, особливо в питаннях практичного орієнтування [1, с. 93].

Емоції виникають тоді, коли якась причина перешкоджає пристосуванню при виникненні стану напруження в організмі, що призводить до погіршення діяльності людини. Звідси в основі виникнення емоцій завжди лежить дефіцит часу, інформації або ресурсів (енергії), потрібних для досягнення тієї або іншої мети. Це спричиняє виникнення в організмі стану напруження, який характеризується чотирма ступенями. *Перший ступінь напруження* виникає, коли для досягнення поставленої мети необхідна мобілізація фізичних і психічних ресурсів організму. Досягнення мети викликає позитивні емоції і тренує організм. У цьому разі розвивається *еустрес*. *При другому ступені напруження* спостерігається максимальна мобілізація всього організму для досягнення поставленої мети. Цей стан супроводжується розвитком стеничної негативної емоції організму. Це стан гніву. Якщо перед організмом стоїть завдання, що потребує більше ресурсів, ніж є в наявності навіть при максимальній мобілізації (вичерпання ресурсів), то можливі два варіанти: 1) організм відмовляється від мети; 2) за великої значимості мети організм її досягає, жертвуючи чимось. Як відмова від мети, так і її досягнення

внаслідок виниклих порушень організму викликають астеничну реакцію (*третьої ступінь напруження*). У разі неможливості відмовитися від значної мети і неможливості її досягнути навіть ціною певних жертв розвивається патологічний стан – невроз (*четвертий ступінь напруження*). Невроз виникає також при надлишку інформації, нестачі часу для її сприйняття і переробки та при наявності високої мотивації до її сприйняття.

Фізіологічне значення емоцій пов'язане з їх функціями: а) відображувально-оціночною (підсвідома оцінка інформації); б) підкріплювальною (закріплює поведінкові реакції з позитивними емоціями); в) перемикальною (створення – перемикання – умов з отриманням максимально позитивних емоцій; г) компенсаторною (мобілізація всіх систем організму для досягнення мотивацій).

Емоція виражається регресивною поведінкою. Коли природна, правильна реакція не може бути здійснена, тоді залучаються примітивні спроби реагування, такі як скорочення периферичних м'язів, васкулярні явища, гальмівні, секреторні, вісцеральні. Деякі з них, які не мають біологічного значення (наприклад, сльози) виникають виключно як результат розповсюдження нервового імпульсу, що не знайшов собі природного виходу.

Є три основні рівня емоційних переживань. Перший рівень – це рівень органічної афективно-емоційної чутливості. Сюди відносяться елементарні так звані фізичні відчуття – задоволення, незадоволення, зв'язані з органічними потребами. Відчуття такого роду носять спеціалізований місцевий характер, виступаючи як емоційне забарвлення або тон окремого процесу відчуття.

Наступний, вищий, рівень емоційних проявів складають наочні відчуття, відповідні наочному сприйняттю і наочній дії. Ці відчуття зазвичай називаються наочними відчуттями і підрозділяються на інтелектуальні, естетичні і моральні відчуття.

Над наочними відчуттями піднімаються більш узагальнені відчуття: відчуття гумору, іронії, відчуття піднесеного, трагічного і т. п. (рис. 1.12) [5, с. 159].

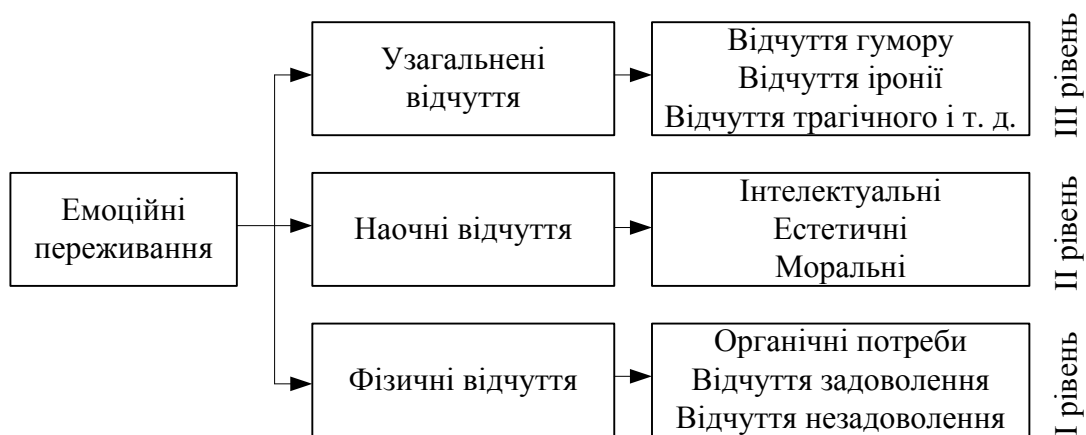


Рис. 1.12. Схема різновиду емоційних переживань

Емоції носять виразно виражений ідеаторний характер; це означає, що вони здатні передбачати ситуації і події, які реально ще не настали, і виникають у зв'язку з уявленнями про пережиті або уявні ситуації.

Емоції (франц. *emotion*, від лат. *emovere* – збуджувати, хвилювати) – фізіологічні стани організму, які мають яскраво виражене суб'єктивне забарвлення і охоплюють всі види відчуттів і переживань людини – від страждань, що глибоко травмують, до високих форм радості і соціального життєвідчуття [5, с. 171].

Вирішальною межею емоційного стану є його інтегральність, його винятковість по відношенню до інших станів і інших реакцій. Емоції охоплюють весь організм, вони додають стану людини певного типу переживань. Виробляючи майже моментальну інтеграцію (об'єднання в єдине ціле) всіх функцій організму, емоції самі по собі є абсолютним сигналом корисної або шкідливої дії на організм, часто навіть раніше, ніж визначені локалізації впливу і конкретний механізм у відповідь на реакції організму.

З фізіологічної точки зору надмірне нервово збудження, яке йде через ретикулярну активуючу систему до лімбічної області і неокортексу, призводить до виникнення неорганізованої і нефункціональної нервової імпульсації, проявляється у вигляді симптомів порушення сну, безпідставної тривоги.

Всю систему відчуттів визначають як різновид трьох вимірів, в якому кожен вимір має два протилежні напрямки. Кожен з шести основних напрямків, які утворюються таким чином, може співіснувати з відчуттями тих двох вимірів, до яких саме воно не належить. Напрямок одного і того ж виміру при кожному миттєвому емоційному стані виключають один одного. Різновид відчуттів графічно зображено на рис. 1.13. На проміжку *anc* розміщені по порядку відчуття, розкладені на задоволення і збудження, в *and* відчуття, розкладені на задоволення і заспокоєння. На проміжку, що обмежений лініями *na*, *ncine*, розміщені відчуття, які містять одночасно задоволення, збудження і напруження.

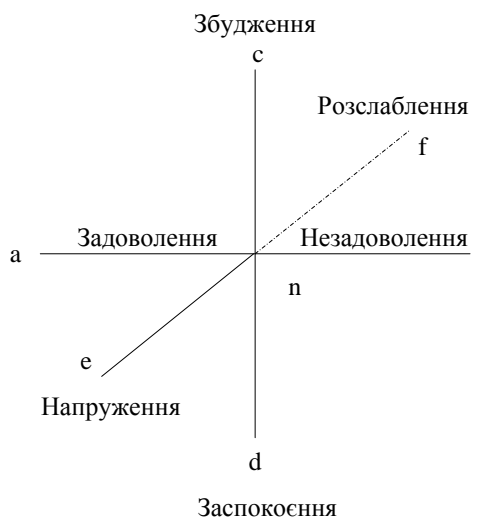


Рис. 1.13. Різновид відчуттів

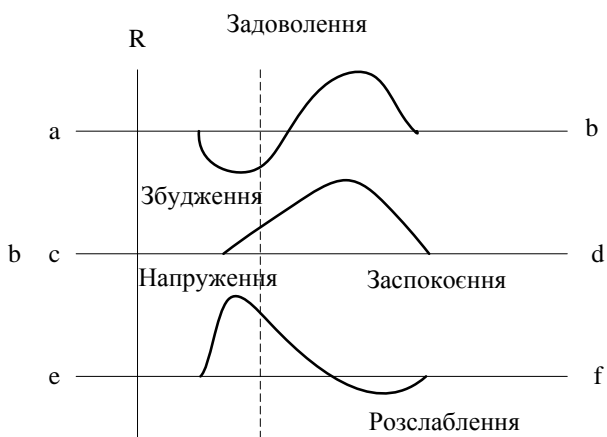


Рис. 1.14. Схематичне зображення протікання відчуттів

Кожне окреме відчуття в безперервності представлено окремою точкою (див. рис. 1.13), яка зображає один миттєвий стан відчуття, що ніколи не триває довго. Кожне реальне відчуття входить до складу якогось відчуття, що протікає.

Хід зміни відчуття в такій течії представимо у вигляді вимірювання окремої емоційної безперервності, роз'єднавши символічно лінії, що їх зображають (див. рис. 1.14). Змінам в області кожного окремого вимірювання відповідає своя крива. Лінія абсцис виражає часові величини, а сходження кривої над лінією абсцис і падіння нижче неї від-

повідляє протилежним фазам відчуття в межах одного і того ж вимірювання [5, с. 50].

Простими відчуттями називаються самостійно існуючі відчуття, які здатні вступати у зв'язок із іншими елементами свідомості, проте самі вже не розкладаються на прості відчуття.

Якісна особливість, властива будь-якому відчуттю, характеризується його належністю до основних емоційних форм – до задоволення чи незадоволення, збудження чи пригнічення, напруження чи розслаблення (див. рис. 1.13). Такі визначення відчуття називаються компонентами емоційної якості [5, с. 50].

Поняття «чуттєвий тон» означає прості відчуття, які зустрічаються у зв'язку із визначеними простими відчуттями. Існує сильний зв'язок між інтенсивністю відчуття і чуттєвим тоном, мається на увазі відчуття задоволення і незадоволення. Загальна залежність чуттєвого тону від інтенсивності відчуття наочно зображена на рис. 1.15.

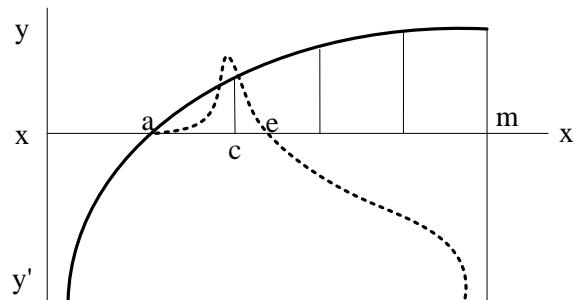


Рис. 1.15. Графік залежності чуттєвого тону від інтенсивності відчуття

На осі абсцис позначені величини подразнення чи відповідні їм абсолютні величини відчуття [5, с. 51].

Позитивні ординати над лінією абсцис позначають величини задоволення, а ті, які йдуть донизу – від'ємні – виражають величини незадоволення. Тоді крива задоволення розпочинається на порозі відчуття  $a$  нескінченно малими величинами задоволення і потім піднімається до максимуму, який досягається за визначеною



середньою силою відчуття. Від максимуму вона знову поступово знижується і в пункті *e* досягає нульової позначки. При подальшому посиленні відчуттів ця крива переходить на від'ємну сторону, що вказує на поступове зростання величини незадоволення.

Від якості відчуттів завжди залежить і особливе специфічне для кожного відчуття якості, що супроводжує чуттєвий тон, особливо по відношенню до відчуттів збудження і заспокоєння.

Якості відчуттів мають істотне значення і для їх виникнення – так, як і для виникнення задоволення і незадоволення. Але при цих компонентах відчуття визначальну роль грає їх тимчасова течія.

Відчуття напруги є первинними суб'єктивними симптомами станів свідомості, які називаються «станами уваги»; їх психічним наслідком є апперцепція, тобто «з'ясування» якогось одного вмісту свідомості при одночасному пригніченні інших.

Відчуття напруження і вирішення пов'язані з центральною частиною простих процесів свідомості, суб'єктивним доповненням яких є прості відчуття.

Згідно з принципом єдності емоційного стану немає одночасно двох уявлень, емоційні елементи яких не об'єднувалися би в одне рівнодійне відчуття. Принцип градації елементів полягає в тому, що кожне складне цілісне відчуття містить в собі одне яке-небудь панівне часткове відчуття, що додає йому основний його характер; інші часткові відчуття видозмінюють останній.

Принцип цінності цілого полягає в тому, що цілісне ніколи не є лише сумою часткових відчуттів, на які його можна розкласти. У ньому завжди додається ще особлива, специфічна, хоча по своїх якостях і обумовлена в істотному частковими відчуттями, емоційна цінність, яка є тим, що додає найціліснішому відчуттю його своєрідність. В той же час лише з цього принципу емоційних рівнодійних і пояснюється потужне підвищення відчуттів, яке виявляється при їх складанні. Тому його можна назвати також і принципом посилення цінності відчуттів при їх складанні [5, с. 56].

На осі абсцис відкладений час, а на осі ординат – інтенсивність відчуттів, одна з основних форм, а саме збуджуюча або стенічна, зма-

льована позитивною кривою, яка проходить над абсцисою, а пригноблююча або астенична форма – негативною кривою, яка проходить під абсцисою. При такому припущенні кожна з двох протилежних основних форм має два різних типи форм протікання афекту: тип, що швидко зростає і повільно спадає, і тип, що повільно зростає і порівняно швидко спадає (рис. 1.16).

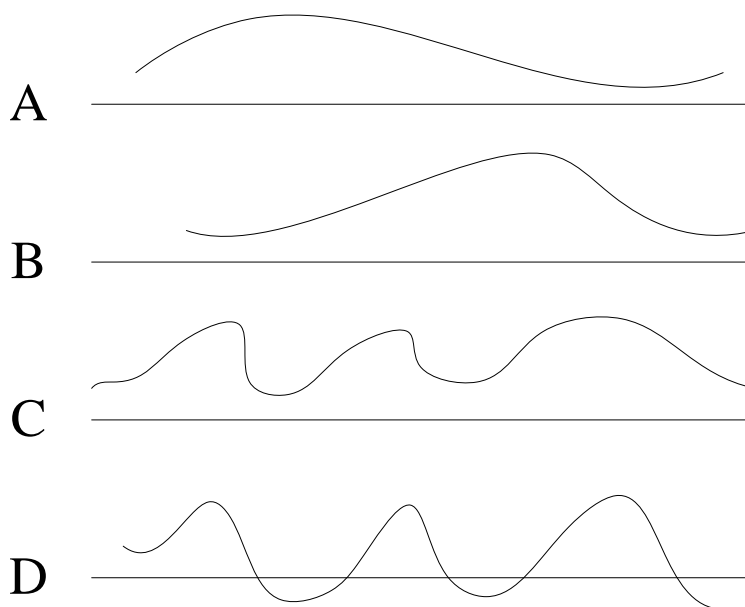


Рис. 1.16. Схематичне зображення двох типів афекту стеничної форми

Негативний тип А відповідає всім афектам, які походять від раптового сприйняття ззовні: це сама найзвичайніша форма афекту до якого відносять також гнів і переляк, причому перший збуджуючого, а другий пригноблюючого характеру.

Тип В відповідає афектам, схожим на настрої, які утворюються із внутрішніх мотивів, особливо з роздумів, що супроводжують їх відчуттями. Ці афекти – задоволення, надія або при негативній кривій – турбота, горе, печаль.

Тип, що поновлюється, показаний кривою С. Афекти, що коливаються, перехідні від збудження до пригнічення і назад, належать до типу D.

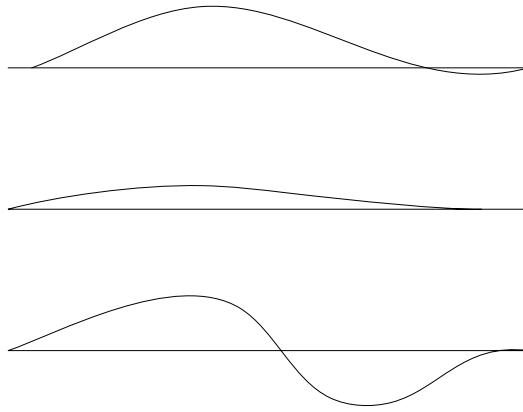


Рис. 1.17. Схематичне зображення афекту задоволення: «радість»

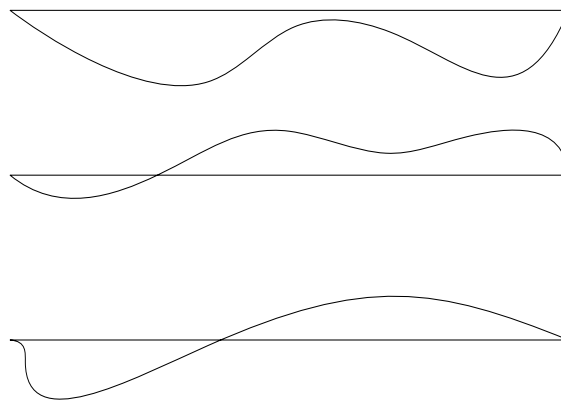


Рис. 1.18. Схематичне протікання афекту незадоволення: «гнів»

Якщо афект викликається сприйняттям ззовні, то форма, що коливається, викликана враженнями, які спочатку виробляють афекти байдужості, які легко можуть розвинутиися і в одну і в іншу сторону. Це спостерігається, наприклад, під час переходу чекання в надію, страх або турботу.

Афект «радість», викликаний раптовими, не тривалими враженнями, і паралельний перебіг афекту «гнів», викликаного раптовим враженням (рис. 1.17, 1.18).

Згідно із законом, що жодне почуття не може виникнути без участі відчуття, як жодне прагнення без участі відчуття, жоден рух без участі прагнення. Той же закон може бути застосований і до зміни складних психічних явищ, і тому його можна формулювати так: жодне психічне явище, просте або складне, не може виникнути без сьогодення або хоч участі явища, яке минуло, відповідного попередньому моменту в правильному типіві психічного звороту. Жодне психічне явище, просте

або складне, не може не викликати за собою в сьогоднішній або хоч в майбутньому того явища, яке відповідає подальшому моменту в правильному типі психічної спадковості [5, с. 71].

*І. П. Павлов* на основі характеристики нервових процесів визначив чотири основні типи вищої нервової діяльності. Для цього він вивчав силу процесів збудження, гальмування, врівноваження та їх рухливості.

*Силу процесів збудження* можна визначити за швидкістю утворення умовних рефлексів, дії умовного подразника більшої сили та за допомогою кофеїну. Чим швидше утворюється й довше зберігається умовний рефлекс, тим сильніші процеси збудження в корі головного мозку. У сильного типу більш сильний умовний подразник спричиняє прискорене утворення умовного рефлексу, у слабого – позамежове гальмування. Застосування кофеїну в малих дозах у першому разі прискорить утворення умовного рефлексу, в другому – спричинить вичерпання і гальмування. Великі дози препарату сприяють переходу збудження в гальмування, можливо, внаслідок швидкого виснаження.

*Силу процесів гальмування* можна визначити за допомогою утворення будь-якого типу гальмування, точніше – швидкості його утворення й тривалості збереження, виробленням складного диференціювання, застосуванням препаратів брому. Препарати брому в організмах із сильними процесами гальмування прискорюють утворення негативних умовних рефлексів. Ці препарати посилюють і концентрують гальмування. Невеликі дози діють при цьому сприятливо, великі – надмірно посилюють гальмування й спричиняють його іррадіацію. Якщо сильні процеси і збудження, і гальмування, то вважають, що вони врівноважені.

*Рухливість нервових процесів* можна визначити шляхом переробки диференційованого гальмування (змінити місцями підкріплюваний і підкріплювальний умовні рефлекси і подразники) або виробленням умовних рефлексів, в яких одні процеси змінюють інші (запізніле гальмування). Ці рефлекси можна виробити лише у тварин з високим ступенем рухливості нервових процесів [11, с. 228–242].

*Ч Дарвін*, на основі порівняльних досліджень емоційних рухів біоб'єктів, створив біологічну концепцію емоцій, згідно з якою виразні

емоційні рухи розглядаються як рудимент недоцільних інстинктивних дій, які виступають в якості біологічно значних сигналів.

Пульс і частота дихання грають провідну роль в усіх емоціях. Помітна безперервна робота довільних м'язів в емоційних станах. Навіть якщо в цих м'язах не відбувається зовнішніх змін, відповідно з кожним настроєм змінюється їх внутрішня напруга, що відчувається у вигляді зміни тону. В стані депресії зазвичай переважають м'язи-згиначі, в стані захвату або войовничого збудження – м'язи-розгиначі.

Одним із феноменів людського існування є *страх*, який присутній як у психологічному, так і у свідомому житті кожної людини, відіграючи роль каталізатора наших біологічних, суспільних та етичних цінностей.

Емоції розрізняються за знаком, інтенсивністю, тривалістю, глибиною, усвідомленістю, генетичним походженням, умовами виникнення, за психічними процесами, з якими вони пов'язані, за потребами, предметним змістом, за особливостями їх вираження тощо. Усе перераховане виключає можливість простої лінійної трактовки емоцій, включаючи феномен страху.

Термін «емоція», у його науковому розумінні, до теперішнього часу не отримав чіткого визначення [12]. Протягом усього існування психології різні дослідники розробляли свої теорії емоцій, виходячи лише з вузького завдання вивчення окремого компонента емоційних процесів. Тому *Ф. В. Басін* та *В. С. Рожков* змушені констатувати, що «психологічна теорія емоцій на сьогодні виявляється в основному або у феноменології емоцій, або в концепціях, що висвітлюють з різних боків фізіологічну основу емоційних станів» [13, с. 107]. Створення універсальної теорії та класифікації емоцій, на думку *А. І. Додонова*, неможливе, оскільки «одна теорія емоцій, яка добре служить для вирішення одного кола задач, неминуче повинна бути замінена іншою при вирішенні іншого кола задач, принципово відмінних від перших» [14, с. 12–18]. Кожна зі створених теорій характеризує страх по-своєму, залежно від поставлених цілей, характеру дослідження та інколи спеціально розробленого методу.

За *Фрейдом*, функція страху полягає в тому, що він виступає сигналом небезпеки для «Я», яке може вжити заходів щодо ліквідації не-

безпеки. Він виділяв три види страху: об'єктивний, невротичний і моральний. Реальний страх – емоційна відповідь на погрозу об'єктивних небезпек зовнішнього світу, він допомагає забезпечити самозбереження. *Невротичний страх* – емоційна відповідь на небезпеку того, що неприпустимі імпульси з боку «Воно» стануть усвідомленими, це страх, що «Его» виявиться нездатним контролювати сексуальне чи агресивне бажання, у результаті істота може скоїти щось жахливе, що тягне за собою важкі негативні наслідки. І нарешті, *моральний страх* – такий стан, коли «Его» відчуває погрозу покарання з боку «Над-Я», коли «Воно» прагне до активного вираження аморальних думок чи дій і «Над-Я» відповідає на це почуття провини, сорому і самозвинувачення [15, с. 249].

Концептуальна точка зору *Фрейда* і *Роджерса* лягла в основу теорії сучасного німецького психолога *Раймана*. Він називає *чотири основні форми страху*, що існують у рамках чотирьох основоположних імпульсів людини природи, які перебувають у постійній взаємодії з людським «Я». *Перша форма страху*, на думку *Раймана*, пов'язана з прагненням особистості до самостійності та неповторності. Страх виникає в момент необхідного відмежування себе від решти людської маси, з моменту народження до смерті. Це індивідуальне відокремлення від близьких, родичів, колективу тощо, пов'язане з прагненням не змішуватися з іншими людьми і однозначно ідентифікуватися із самим собою. Але, переживаючи свою самотність, людина стикається з почуттям невпевненості, нерозумінням і зневагою з боку оточення. Якщо в потрібний момент індивід не отримає необхідної підтримки і пояснення своїх переживань, то його поглине страх самотності. Відносини між особистістю і суспільством у будь-який момент можуть бути порушені, що може призвести до порушення психологічної рівноваги особистості.

*Друга форма страху* є домінантою прагнення особистості активно брати участь у житті суспільства. Ця участь потребує відмови від «Я», певного ступеня самовідречення і самовіддачі. Останнє є необхідною умовою для пристосування особистості до вимог більшості. Це призводить до залежності людини від її оточення, виникає відчуття втра-

ти власного «Я», страх перед втратою індивідуальності, переважає почуття самотності та безсилля.

*Третя форма* пов'язана з прагненням людини до певної незмінності й тривалості, стійкості існування «Я» і довколишнього світу. Ілюзорна надія на стабільність і вічність є важливим імпульсом для діяльності людини. Але з іншого боку, будь-яка, навіть мала обставина, спрямована на руйнування цього апріорного переконання, має зворотний бік – страх.

*Четверта форма страху*, за теорією Ф. Рімана визначена вічним прагненням людини до зміни, розвитку і подолання старого, вже пізнаного. Це страх перед новим і одночасно страх перед інертністю буденності, що перешкоджає творчим можливостям людини.

Будь який подразник, що викликає стресову реакцію, спочатку сприймається сенсорними рецепторами периферичної нервової системи (рис. 1.19). Сприймавши подразнення, рецептори посилають імпульси сенсорними шляхами периферичної нервової системи до мозку. В ЦНС від головних шляхів, які йдуть до неокортекса, відходять нервові розгалуження, що направляються до ретикулярної формації і далі в утворення проміжного мозку.

Всі потоки нервової імпульсації по висхідних шляхах надходять до кори великих півкуль, де відбувається їх змістовна, смислова інтерпретація, результати якої по каналам зворотного зв'язку потрапляють в лімбічну систему. Якщо подразник сприймається як загроза чи виклик, що провокує яскраво виражену оцінку, виникає стресогенна реакція. Активація емоцій є стимулом для стресу.

Умови виникнення реакції на стрес (рис. 1.19) такі: будь-який подразник отримує подвійну інтерпретацію – об'єктивну (в корі великих півкуль) і суб'єктивну (в лімбічній системі). Суб'єктивно загрозна оцінка має негативне афективне забарвлення (страх, гнів), вона набуває роль тригера, що автоматично запускає послідовні відповідні фізіологічні реакції. У випадку відсутності сприйняття загрози, стресова реакція не виникає.

Основним шляхом розповсюдження стресогенної реакції в організмі є вегетативна нервова система, а саме – симпатичний відділ [16, с. 4–9].

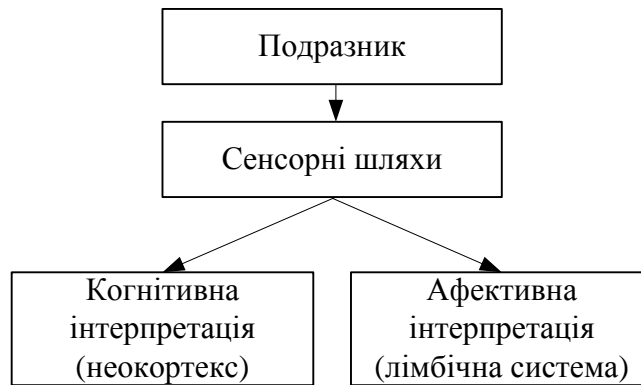


Рис. 1.19. Схема виникнення реакції на стрес

Р. Еркс і Д. Додсон [17, с. 459–482] експериментально показали, що з ростом активізації нервової системи до визначеного критичного рівня ефективність діяльності підвищується, але при подальшій активізації нервової системи, тобто при стресогенності діючих факторів, показники діяльності знижуються. Низька працездатність при малій стресогенній активізації є результатом недостатнього застосування адаптаційних резервів в процесах захисту організму від вимог середовища.

Лімбічна система представляє собою групу взаємопов'язаних ядер і шляхів. Важлива роль лімбічної системи мозку полягає в обробленні інформації, яка надходить із внутрішніх органів і забезпечує прояв емоцій. Подразнення визначених зон лімбічної системи може змінювати емоційну поведінку. Лімбічна система мозку з її обширними внутрішньо мозковими зв'язками є морфологічним субстратом емоцій.

Лімбічна система розташована в центрі цієї контролюючої системи, що грає центральну роль. Реальна виконавча функція і основані на досвіді емоційні прояви здійснюються у взаємодії між корою головного мозку і лімбічною системою (рис. 1.20).

Головною структурою лімбічної системи є *гіпоталамус* – це вищий підкорковий вегетативний центр організму, її «вхідні» й «вихідні ворота». Через гіпоталамус інформація потрапляє в лімбічну систему і еферентними шляхами передається на стовбур головного мозку і в спинний мозок. Крім того, через висхідні еферентні шляхи він тісно пов'язаний з іншими центрами лімбічної системи; через низхідні – з гіпофізом і вегетативними центрами стовбура головного мозку. Як і



вся лімбічна система, гіпоталамус бере участь у регуляції діяльності організму в різних умовах його діяльності. Наприклад, пристосування функціональної активності допоміжних систем (система кровообігу, дихання) до даних умов функціонування. Частина клітин гіпоталамуса є секреторними. Їхній секрет також бере участь у регуляції вегетативних функцій організму, у регуляції водно-електролітного обміну, температури, формуванні емоцій, мотивацій, сну й бадьорості. Останнім часом показано, що гіпоталамус являє собою вищий інтегративний центр вегетативних і ендокринних функцій, але бере участь і в соматичних процесах [1, с. 68].

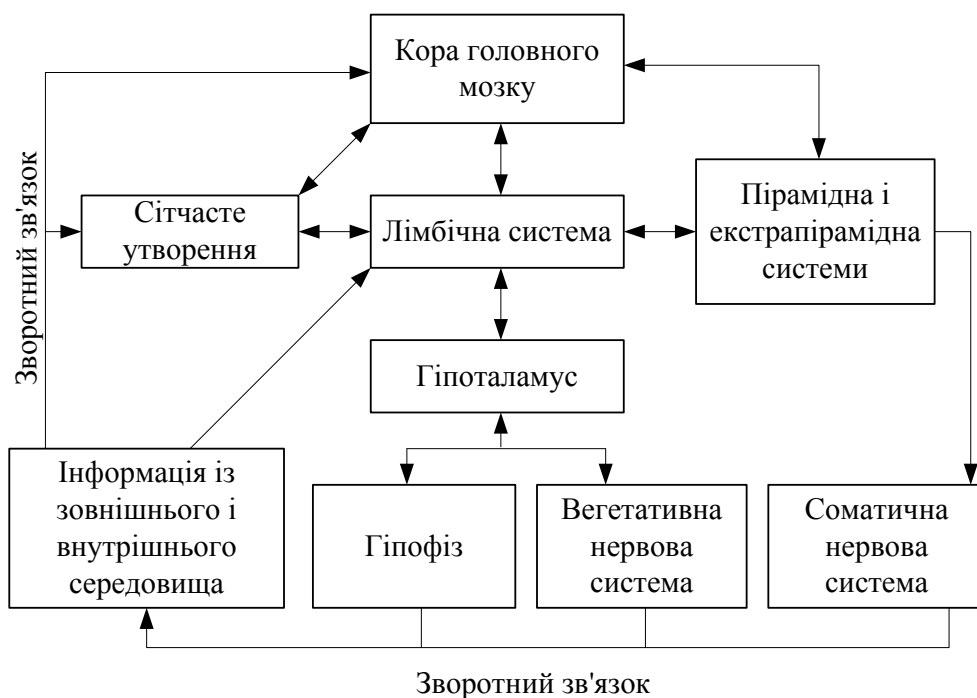


Рис. 1.20. Нормальний контроль емоцій

*Можуть бути і інші шляхи, але для більшої ясності тут наведені тільки ті, які мають особливо важливе значення для здійснення емоцій.*

З фізіологічної точки зору емоції характеризуються включенням в реакцію-відповідь багатьох фізіологічних систем.

Кожна емоція характеризується визначеним внутрішнім станом суб'єкта – переживанням, що є імпресивною стороною емоцій. Їх експресивною стороною є характерні об'єктивні зміни життєдіяльності

організму, які проявляються електрофізіологічними, біохімічними, вегетативно-судинними і моторними ефектами. Фізіологічним феноменом є результат діяльності всього мозку, психологічним – специфічне вираження активності особистості. Суб'єктом емоції є людина. Емоційні процеси відображають відносини людини до його значних об'єктів і подій.

Емоційне збудження активує мозкові структури, особливо кору великих півкуль, і нейрогуморальним шляхом впливає на соматовісцеральні функції (рис. 1.21).

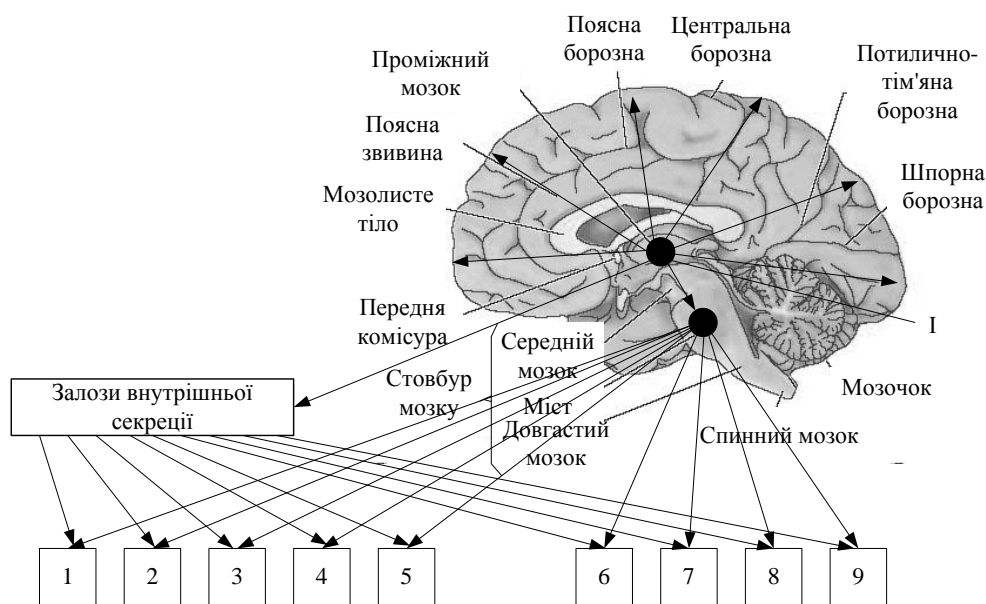


Рис. 1.21. Розповсюдження емоційного розряду з гіпоталамуса (I) на кору головного мозку і в подальшому на внутрішні органи: 1 – поведінка; 2 – мова; 3 – міміка; 4 – дихання; 5 – слъзовиділення; некеровані компоненти емоцій; 6 – діяльність серця; 7 – зміна просвіту судин; 8 – діяльність травних органів; 9 – потовиділення

Емоційне збудження надає патогенний вплив на центральні механізми чи окремі соматичні чи вісцеральні функції. Втягнення внутрішніх органів в емоційне збудження відбувається вибірково з несприятливими наслідками, якщо той чи інший орган виявляється більш схильним до тонічного емоційного впливу. В цьому і полягає причина постійно зростаючого перенавантаження [18, с. 18–19].

За допомогою експериментально-фізіологічних досліджень встановлено, що збудження емоційних зон в гіпоталамусі і в лімбічній системі мозку характеризується тривалими порушеннями в багатьох системах організму.

Емоції являються складним зовнішнім виразом реакції-відповіді організму біооб'єкта на біологічні і соціально значущі впливи. З фізіологічної точки зору емоції характеризуються вираженим включенням в цілісну реакцію-відповідь багатьох фізіологічних систем – серцево-судинної, дихальної, гормональної.

Будь-яке довільне збудження так званих проявів деякої емоції викликає і саму емоцію. Нервові імпульси, миттєво поширюються по відповідних каналах, змінюють стан м'язів, шкіри, судин. Ці зміни, що сприймаються, як і сам об'єкт, багаточисельними специфічними ділянками кори головного мозку, з'єднуються з ними в свідомості і перетворюють його з просто сприйманого об'єкта в об'єкт, що емоційно переживається.

Після впливу відбувається глибока перебудова біоелектричної активності в багатьох відділах головного мозку. Надмірне збудження емоційних зон приводять до порушення механізму саморегуляції в системі кровообігу і дихання. При цьому спостерігається порушення ритму серцевих скорочень – аритмія, гіпертензія чи, навпаки, зниження артеріального тиску – гіпотонія.

Емоційні реакції супроводжуються порушеннями в системі периферичної крові. Вплив на емоційні зони, які формують негативні емоційні стани, агресивно-захисні реакції, супроводжується значним підвищенням рівня активності показників крові, скорочується основний час її згортання.

Вегетативні зрушення об'єктивно відображають емоційний стан. Зміна кольору обличчя, прискорене серцебиття, холодний піт, сухість у роті, підвищення інтенсивності секреції різних залоз, артеріальний тиск, температура шкіри, шкірно-гальванічна реакція, перистальтика є основними індикаторами емоцій.

За нормальних фізіологічних умов інтенсивність функціональних порушень в системах організму неоднакова і коливається в широкому діапазоні. Емоційні реакції можуть бути короточасними, які через

визначений період повністю відновлюються з настанням стану фізіологічного спокою, або можуть мати затяжний, стійкий хронічний характер [7, с. 23]. Тривалі негативні емоційні стани викликають якісно новий рівень функціональної активності (рис. 1.22), приводять до напруження і перенапруження нейрофізіологічних систем організму, які мають специфічний нейродинамічний і ендокринно-вегетативний характер, оскільки в протіканні таких реакцій бере участь емоційний фонд організму і лімбічна система мозку. Цей стан називається емоційним стресом.

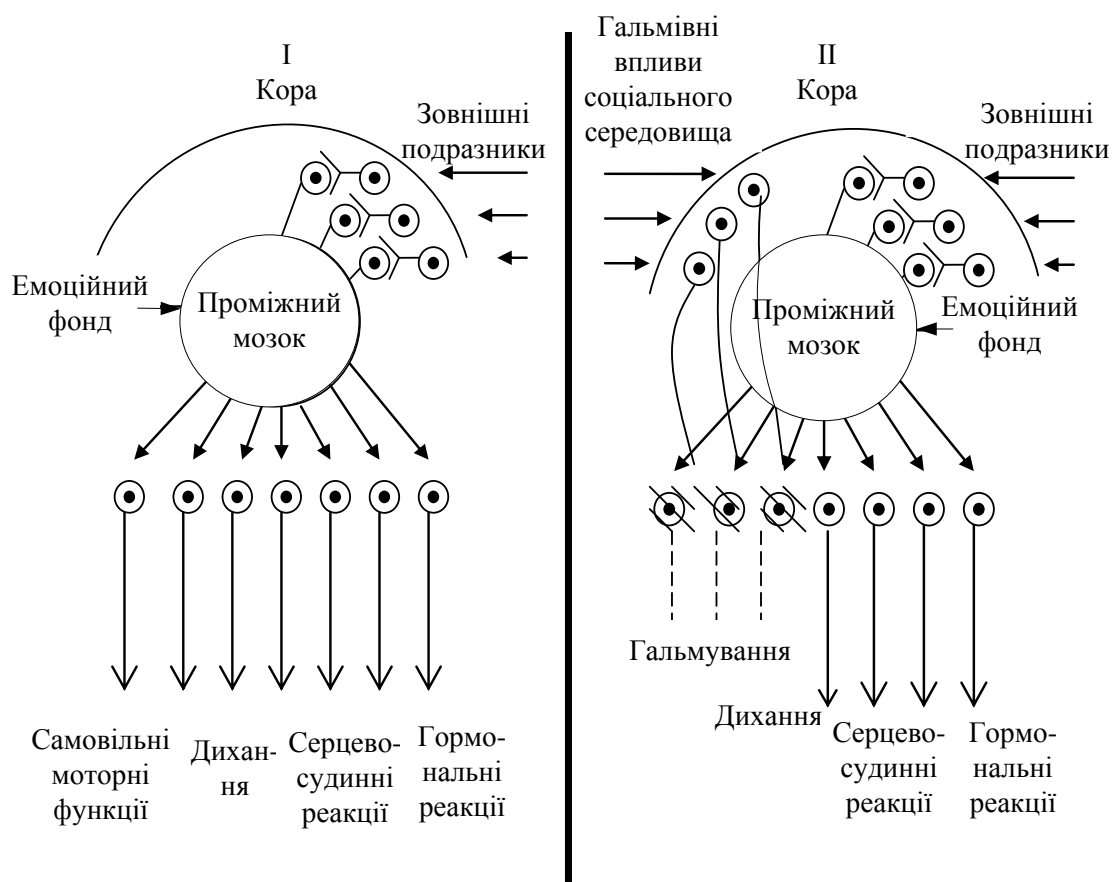


Рис. 1.22. Схема коритко-диенцефально-лімбічних впливів на фізіологічні реакції при негативних емоційних станах

В основу реалістичної моделі емоційного стресу покладені такі умови, як активація нервових апаратів, моделювання первинного впливу на вищі інтегральні схеми головного мозку, наявності в моделі

інформаційних навантажень, які викликають перенапруження емоційного апарату, апарату пам'яті і прогнозування.

Проаналізувавши літературні джерела можна об'єднати і згрупувати в експериментальній фізіології моделі стресових синдромів. Всі моделі поділяються на дві великі групи, які виникають за ендогенним і екзогенним типами (рис. 1.23).

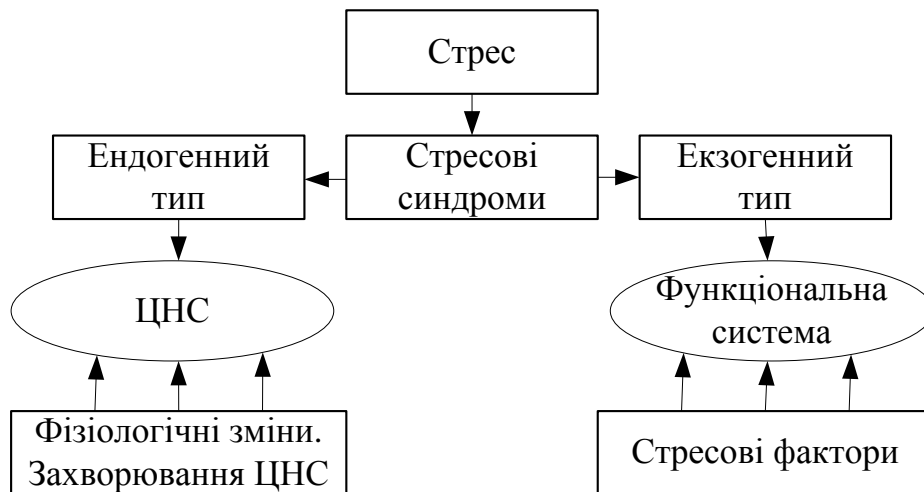


Рис. 1.23. Загальна експериментальна модель стресових синдромів

Крім погіршення якості життя, стрес є фактором ризику розвитку органічної патології. Серцево-судинна система особливо чутлива до стресу, який призводить до виникнення класичного комплексу основних чинників ризику – атеросклерозу і його ускладнень. Найбільш поширеними наслідками стресу є артеріальна гіпертензія і метаболічний синдром. Їх виникнення пов'язане з опосередкованими ЦНС нейроендокринними механізмами, що зумовлені акцентованою психологічною реакцією на стимули навколишнього середовища факторами сучасного стилю життя (рис. 1.24).

Повторна або хронічна активація симпатичної нервової системи (СНС) призводить до розвитку артеріальної гіпертензії і атеросклерозу. Короткочасний стрес може призвести до порушення функції ендотелію і підвищення рівня циркулюючих цитокінів. Хронічний стрес прискорює розвиток атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, коронарних порушень тощо.



Рис. 1.24. Схема співвідношення стресу та серцево-судинних захворювань

### 1.3. Особливості протікання стресу в екстремальних умовах

*Надзвичайною ситуацією* називають ту, яка виникла раптово та характеризується значними соціально-екологічними та економічними збитками, необхідністю проведення евакуаційно-рятувальних робіт і ліквідації негативних наслідків того, що сталося. Руйнівна сила деяких стихійних лих і технологічних катастроф порівнюється з військовими операціями, а кількість постраждалих залежить від типу, масштабу, темпу, місця розвитку ситуації, особливостей вжитих заходів і інших обставин. Санітарні втрати характеризуються наявністю знач-

ного числа випадків психічних розладів різного характеру [19, с. 14–18; 20, с. 268–298; 21, с. 49–50].

В екстремальних умовах у постраждалих вмикаються механізми психологічного захисту – різні типи реагування на ситуацію. Первинними формами психічних розладів являються *аномальні* (неадекватні стимули) реакції. По мірі їх ускладнення розвиваються патологічні стани, синдроми, хвороби. Реакції і стани характеризуються швидкою появою та зникненням, якщо не відбудеться розвиток хвороби. Деякі психічні стани мають епідемічні властивості масового розповсюдження – так зване «психічне ураження» як негативними, так і позитивними емоціями. Небезпека, викликана аномальними реакціями, патологічними станами і хворобами, може бути не тільки реальною, але і вдаваною.

Поведінка людини на період небезпеки багато в чому залежить від загального рівня розвитку людини, його культури. Чим сильніша психічна травматизація, тим особистісний фактор має менше значення. Спосіб вираження стресового стану може бути оснований більше на попередньому досвіді і знаннях, ніж на будь-якому окремому факторі. Майже всі ті, хто вижив після катастрофи (стихії) згодом будуть страждати від перенесеного психічного стресу. Чим триваліше психічне порушення, тим більш ймовірний перехід в підгостре і затяжне протікання хвороби.

Психічні розлади в перші години і добу після катастрофи проявляються трьома типами станів: *збудженням, гальмуванням і перехідним між ними станом.*

*Збудження* характеризується підвищеною вразливістю, настороженістю, напруженістю, тривогою, страхом, жахом (панікою), несамовитістю; *гальмування* – спокоєм, нечутливістю, ступором; перехідним станом – подивом, здивуванням, розгубленістю, масовою істерикою. Прикладом можуть слугувати дві форми психічного шоку – *зорова* та *ступорозна*, а також *паніка*. Еректильна форма шоку проявляється збудженням, нецілеспрямованою діяльністю, реакціями втечі, в тому числі і на зустріч небезпеці, *сопорозна* – апатією, бездіяльністю.

Паніка захоплює людину чи багатьох людей і виражається нестримним, неконтрольованим бажанням уникнути небезпечну ситуацію. При паніці розум поступається місцем інстинктам. Другими, найбільш м'якими, проявами деструктивної поведінки, що спостерігалася за екстремальних обставин, є: *регресивна* (неадекватна ейфорія), *примітивна* (безглузді дії) і *прихована* (лихоманна, невпорядкована діяльність) форми патології. Проміжне положення займає широка гамма істеричних розладів (реакцій та станів): псевдодеменція (недоумство), пуерилізм і інфантилізм (дитячість, ювенилізм), глухонімота і т. д.

Таким чином, особи із психічними розладами, що виникають в екстремальних ситуаціях, поділяються на три групи: з психічними ситуаційними розладами (реакціями напруги, тривоги, нервової демобілізації та ін.), ті, які не досягають глибини психозів і тривають не більше доби; з пограничними станами і з психотичними порушеннями.

Психіатричні напрямки роботи по ліквідації наслідків стихійних лих і катастроф передбачають медико-психологічне забезпечення (психогігієну і психопрофілактику) і надання спеціалізованої допомоги не тільки у вогнищі ураження і на етапах евакуації, але і у віддаленому (через декілька років) періоді.

Психологічні аспекти включають: морально-психологічну підготовку населення, вивчення і відпрацювання положень само- і взаємодопомоги, методів управління, підтримки працездатності, знання маршрутів евакуації і пунктів збору постраждалих, міри відновлення. Серед психопрофілактичних заходів важливе місце займає чітке управління. Сюди відносять: постійне внесення ясності в ситуацію; вказування кращих способів дії; своєчасну постановку задач; переключення людей на звичну діяльність (знімає напруження) і відволікання уваги від об'єктів, що діють негативно на психіку; підтримку на високому рівні відчуття обов'язку, колективізму, внутрішньої впевненості, надання підтримки групам і окремим особам, які потрапили у важке становище; особистий приклад мужності, витримки, дисциплінованості.

Допускається замовчування реалій, збереження ілюзій і надій у випадках, коли правда може погіршити ситуацію. І навпаки, якщо це



доцільно, потрібна максимальна обізнаність, бо невідомість викликає додатковий стрес.

Невідкладна психологічна допомога здійснюється безпосередньо у вогнищі ураження, на пунктах збору і в ході евакуації. Її потребують такі групи хворих: з ургентними, кризовими станами (які представляють небезпеку для здоров'я власного життя, а також для життя інших); з поліорганною патологією; з порушеннями поведінки, що привертають увагу навколишніх (з характерним миттєвим та швидким темпом розвитку психотичних порушень). Невідкладні лікувальні заходи полягають в послабленні психічних розладів і швидкій госпіталізації. Етапи надання допомоги: на місці, амбулаторно в будь-якому медичному закладі, а також у напівстаціонарах (денних стаціонарах, нічних профілакторіях тощо) і в спеціалізованому стаціонарі.

Таким чином, виникнення нервово-психічних розладів внаслідок надзвичайних ситуацій залежить від чотирьох груп факторів: впливу самого лиха (характеру, тривалості, можливості повторення, ступеня контрольованості наслідків); стану психічного здоров'я населення (наявності і вираженості обставин, що послаблює нервово-психічну сферу); підготовки до дій в екстремальних ситуаціях (морально-психологічного настрою, наявності навиків само- і взаємодопомоги, значень правил поведінки в аварійних ситуаціях та ін.); рівня спеціальної підготовки медичних працівників і матеріально-технічного забезпечення [22, с. 14–16].

#### **1.4. Особливості протікання емоційного стресу в молодому віці**

Багато психологів досліджували роль стресових станів у житті людини. Поняття стрес, основні стадії, фази стресу розкрив у своїх класичних дослідженнях *Г. Сельє*. У 1935 р. американський фізіолог *У. Кеннон* уперше визначив активну релаксацію, яка є захисною реакцією від стресу, як реакцію боротьби або втечі. Лікарі *Т. Холмс* і *Р. Раге* (США) вивчали залежність захворювань від різних стресогенних життєвих подій у більш ніж 5 тис. пацієнтів. Вони дійшли до висновку, що психічним і фізичним захворюванням зазвичай передують важливі зміни в житті людини.

Існують різні наукові підходи до розуміння стресу. Найбільш популярною є теорія стресу, запропонована *Г. Сельє*. У рамках цієї теорії механізм виникнення стресу пояснюється в такий спосіб: усі біологічні організми мають життєво важливий вроджений механізм підтримки внутрішньої рівноваги і балансу. Сильні зовнішні подразники можуть порушити рівновагу. Організм реагує на це пристосувально-захисною реакцією. За допомогою порушення організм намагається пристосуватися до подразника. Це неспецифічне для організму порушення і є станом стресу. Однак можливості організму не безмежні і при сильному стресовому впливі людина швидко виснажується, що може призвести до захворювання та інколи до смерті людини [23].

Сучасні дослідники психологічних передумов виникнення стресів уникають глобальних типологій і концентрують увагу на певних патогенних компонентах психологічного складу особистості. Зокрема, *О. Осадко* відокремлює такі компоненти: ворожість, яка супроводжується дратівливістю, цинізмом та недовірою до інших, тривожністю, схильністю до конкуренції тощо. Молоді люди, які переважно розглядають негативні події свого життя як такі, що перебувають поза їхнім контролем, мають тенденцію до формування стресових симптомів з можливістю контролювати події свого життя.

Залежно від виду стресора і характеру його впливу, виділяють різні види стресу, у найбільш загальній класифікації: стрес фізіологічний і стрес психологічний. На думку *А. Маклакова* [24], людина є соціальною істотою і в діяльності її інтегральних систем провідну роль відіграє психологічна сфера. Тому найчастіше саме психологічний стрес є найбільш важливим для процесу регуляції.

Існує велика кількість класифікацій видів стресу. Зокрема, *В. Розов* виділяє такі види стресу [25]:

1) за критеріями впливу на людину:

- емоційно-позитивний стрес, викликаний позитивними подіями.

У людей з ослабленим здоров'ям навіть цей вид стресу може спровокувати негативні наслідки;

- емоційно-негативний стрес спричиняється негативними подіями. Він менш контрольований людиною, і тому більш небезпечний для здоров'я.

2) за тривалістю:

- короткочасний (гострий стрес), якому властива швидкість та несподіваність виникнення;
- довгостроковий (хронічний стрес). Він може бути наслідком гострого стресу, але часто виникає через незначні, слабо інтенсивні, але постійні множинні чинники.

3) за походженням і механізмом розвитку:

- фізіологічний стрес, для якого характерне опосередкування стресорів гомеостатичними фізіологічними механізмами. Він викликається такими стрес-чинниками, як біль, холод, спека, голод, спрага, фізичні переживання тощо;
- психологічний стрес опосередковується психологічними процесами оцінки передбачуваної загрози стресового стимулу і пошуком адекватної відповіді на цей стимул. Його викликають: обман, образа, погроза, небезпека, інформаційне перенавантаження тощо.

Психологічний стрес зазвичай поділяють на:

*емоційний стрес*, що має місце в ситуаціях, які загрожують безпеці людини (злочин, аварія, війна, важка хвороба), соціальному статусу, економічному благополуччю (втрата роботи), міжособистісним відносинам (сімейні проблеми тощо). При цьому різні його форми – імпульсивний, гальмовий, генералізований призводять до змін у перебігу психічних процесів, емоційних порушень, трансформації мотиваційної структури діяльності, порушень рухової та мовної поведінки;

*інформаційний стрес* виникає під час інформаційних переживань, коли людина, яка має велику відповідальність за наслідки своїх дій, не встигає приймати правильні відповідні рішення. Часто інформаційні стреси виникають в роботі диспетчерів, операторів технічних систем управління.

Крім того, ще виділяють такі види стресів, як: міжособистісний стрес, професійний стрес, фінансовий стрес, екологічний стрес, технологічний стрес, больовий стрес, бойовий стрес, травматичний та посттравматичний стрес тощо.

Стресових ситуацій в юності є дуже багато, і вони досить різноманітні. Одна і та ж сама стресогенна подія може по-різному впливати

на молодих людей різного віку в залежності від того, що вони вважають стресом.

До найбільш розповсюджених причин стресу у молоді відносять такі [26].

*Вплив навколишнього середовища* (шум, екологічне забруднення, спека, холод тощо). Стрес може виникнути в результаті поганих фізичних умов, наприклад, відхилень в температурі приміщення, поганого освітлення або надмірного шуму.

*Навантаження* (підвищеної інтенсивності). Досить часто причинами стресу студентської молоді є надмірне навантаження різними навчальними матеріалами, читанням багатьох підручників та виконання різного роду занять. Дослідження психолога *Т. Баумейстра* показали, що у порівнянні із студентами, які мають академічну заборгованість, студенти, які її не мають, відчувають менший стрес і менше хворіють в кінці семестру. Але водночас, останні під час семестру частіше перебувають у стресових ситуаціях і частіше хворіють.

*Інформаційні* (надмірний обсяг інформації, яку потрібно запам'ятати).

*Фізіологічні* (хвороба, розлад, травма тощо). Як різні фізіологічні чинники можуть впливати на виникнення стресу, так і різні стресові ситуації можуть провокувати виникнення різноманітних захворювань у людини. Стреси роблять молоду людину більш схильною до різних захворювань, в результаті чого послаблюється імунна система людини.

*Емоційні*. Головні проблеми, які потребують вирішення в період молодості, це досягнення ідентичності і близькості (на противагу ізоляції). Близькість взаємне задоволення, тісні відносини з іншою людиною і є поєднанням двох ідентичностей без втрати кожним індивідом своїх неповторних особливостей. Коли молода людина не може або не здатна досягнути взаємності, чи коли ідентичність людини настільки слабка, що викликає ризик втрати себе при єднанні з іншим, то відбувається ізоляція молодої людини. Це може призвести до виникнення стресу. Близькість може руйнуватися негативними почуттями – гнівом та роздратуванням. Страх бути відкинутим також перешкоджає близькості, особливо коли він підштовхує до неправдивої іден-

тичності, в основі якої лежить бажання задовольнити потреби інших, а не реалізація важливих внутрішніх потреб. Всі емоційні переживання: радість, гнів, ненависть, ревності також певною мірою можуть викликати у молодій людини стресову ситуацію.

*Важкі життєві ситуації:* хвороба, смерть близьких людей; труднощі, пережиті близькими; втрата місця навчання або роботи, чи загроза її втрати; стрімкі зміни умов життя тощо.

*Виробничі* (значні зміни в навчанні, на роботі, труднощі і конфлікти та ін.). Деякі дослідження показують, що молоді люди, які мають цікаву роботу, проявляють менше неспокою і менш схильні до фізичного перенапруження, ніж ті, що займаються нецікавою роботою. Так само і студенти, які вибрали професію не за власним бажанням, і яким їхня майбутня професія не подобається, будуть відчувати більший стрес, ніж ті, хто навчається за власним бажанням, і яким їхня професія подобається. До виробничих чинників виникнення стресу можна віднести і монотонність у навчальній чи трудовій діяльності, в емоційних контактах [27].

*Переломні етапи життя:* одруження, розлучення, народження дітей, початок і закінчення навчання, перехід на нову роботу та ін..

*Особистісна дисгармонія:* внутрішньоособистісні конфлікти, кризи невідповідності реального і бажаного Я, кризи розвитку особистості.

*Соціальні і соціально-психологічні чинники.*

Зрозуміло, що і реакції різних людей, особливо молодих, будуть різними. Різною буде і їх адаптаційна складова, яку у відповідності до міжнародної класифікації хвороб можна визначити таким чином.

*Розлад адаптації* це реакція на ідентифікований чинник чи сукупність стрес-чинників. Розвиток симптомів відбувається впродовж тримісячного періоду від початку впливу стресора, що є звичайним типом для людини [28].

*Деадаптивні прояви* можуть містити порушення професійного функціонування чи стосунків з іншими людьми, почуття нездатності виконувати власну роботу, планувати і продовжувати залишатися в стресовій ситуації, депресивний настрій, тривога, занепокоєння, іноді гнів та агресія.

Тип адаптаційного розладу залежить від домінуючих симптомів (рис. 1.25) [29, 30].

Симптоми, як правило, не тривають більше шести місяців після припинення дії стресу чи його наслідків, за винятком пролонгованої депресивної реакції. У виникненні реакції на стрес, а також адаптаційних розладів, відіграють велику роль індивідуальна вразливість або стійкість до дії стресу, адаптивні здібності. Про це свідчить той факт, що ці розлади розвиваються не у всіх людей, на яких впливає сильний стрес.

Часто важкі стресові ситуації призводять до негативних наслідків та порушення нормального стану людини, що деструктивно впливає на подальший її розвиток. Розрізняють соматичні, психофізіологічні та особистісні наслідки стресу.

*Соматичні і психофізіологічні* наслідки стресу [30]. Стресові стани супроводжуються визначеними змінами в організмі. Вплив стресу на організм є індивідуальним. Встановлено, що під час стресу, як правило, виникає напруга в шлунку, ускладнюється дихання, частішають серцеві скорочення, спостерігаються вегето-судинні реакції (почервоління або збліднення шкіри), розширюються зіниці, напружуються м'язи, підвищується артеріальний тиск, посилюється кровообіг у м'язах, підвищується кількість адреналіну в крові тощо. Позитивний адаптивний зміст цього полягає в тому, що організм готується до стресової ситуації, одержує додаткові сили для її подолання. Відомо, що в стресовій ситуації в людини можуть проявитися нереалізовані адаптивні резервні можливості.

Повсякденний стрес складається з дії безлічі стресорів малої сили, звичайних неприємностей у трудовому, навчальному, побутовому і сімейному житті молодої людини [31]. Наслідки цього впливу молодь часто недооцінює. Однак, усе більшого поширення набуває уявлення про те, що багато дрібних неприємностей шкідливіші для здоров'я, ніж рідкі сильні стреси. На думку *О. Осадка*, вплив стресору на молоду людину не завжди шкідливий. Він вважав, що існують так звані корисні стреси, які мобілізують внутрішні ресурси людини. Розпочавши боротьбу з негативними природними чи соціальними умовами, людина може переглянути своє попереднє життя і вийти із стресової ситуації не тільки не втративши здоров'я, а й з новими силами та можливостями.

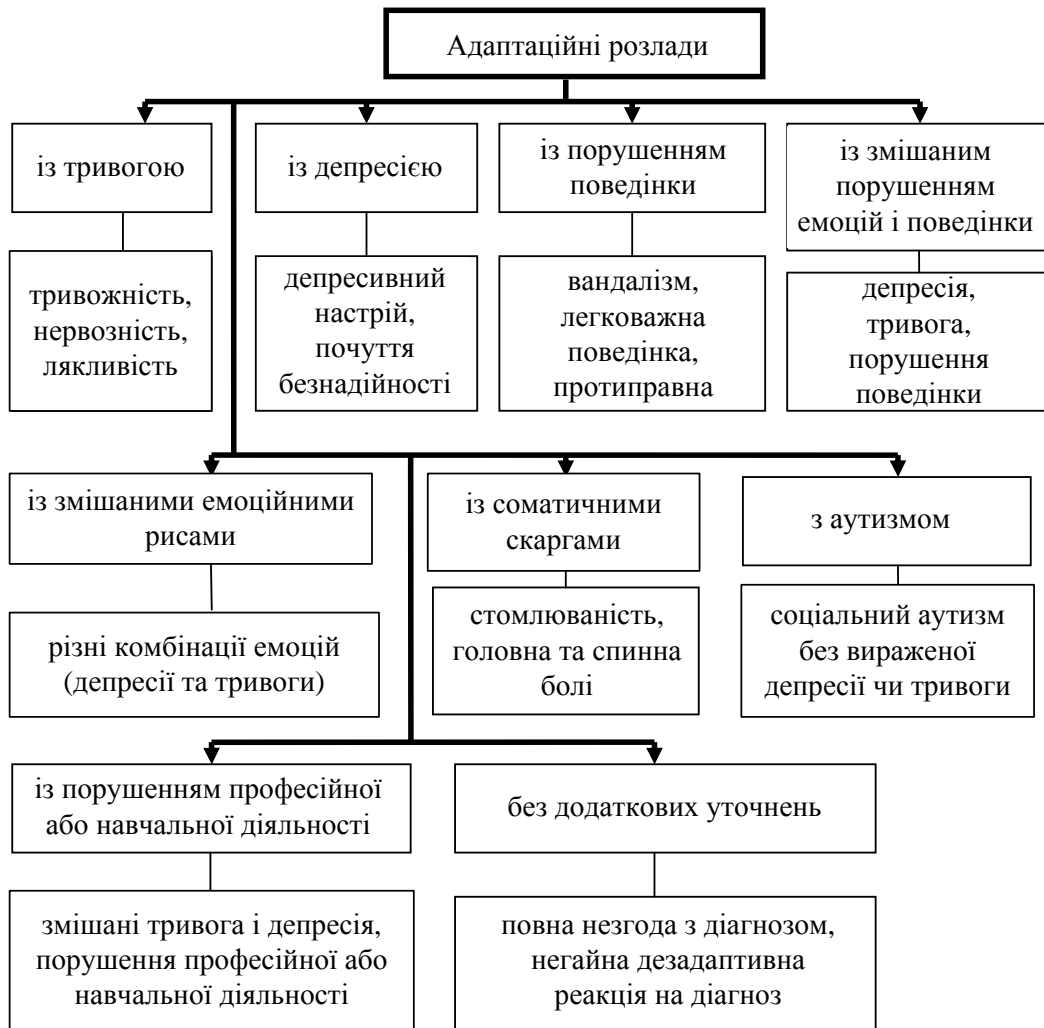


Рис. 1.25. Типи та симптоми адаптаційних розладів

Такий позитивний вплив стресової ситуації на життєві перспективи людини можливий тоді, коли в пошуку нових цілей та можливостей особистість долає внутрішні обмеження та досягає повної самореалізації.

Отже, у рамках психофізіологічного підходу схильність особистості до дистресу, тобто виснаженості як фізичних, так і психічних адаптаційних можливостей, вивчається як даність: якщо в людини наявні генетичні чи психологічні передумови хворобливого реагування на стресогенні впливи середовища, їх можна вивчати та враховувати, але не змінювати. Тому головним завданням профілактики стресових розладів вважається створення можливостей для своєчасної релаксації молодих людей, що зазнають надмірних стресів.

## РОЗДІЛ 2

### ІСНУЮЧІ МЕТОДИ І СИСТЕМИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ

#### 2.1. Загальні методи і принципи визначення рівня емоційного стресу

Ідентифікація біологічних клітинних об'єктів і дослідження змін хімічного складу крові, які відбуваються під дією фізичних [32] і психологічних факторів [1], спричинених негативним впливом емоційного стресу.

Для отримання найбільш точної і повної інформації стану біологічної системи необхідно дослідити комплекс медичних, біологічних та психологічно-особистісних показників.

Головною метою вирішення цієї проблеми є пошук найбільш оптимального методу визначення рівня емоційного стресу з урахуванням умов виникнення комплексу біологічних, медичних, технічних та психологічних складових, що виконують загальну функцію визначення фізіологічних показників біооб'єкта.

Основні методи фізіологічних досліджень [1] засновані на реєстрації параметрів життєдіяльності людини, до яких відносять: механічні прояви (механокардіографія); електропровідність біоструктур (реографія); електричну активність (електрографія); оптичні властивості (оптична плетизмографія, фотоплетизмографія і т. д.); процеси теплопродукції та теплообміну (термометрія, тепlobачення, біокolorиметрія і т. д.).

За допомогою аналітичних методів досліджень проводяться обчислення кількісних параметрів, які характеризують стан біосистеми, концентрацію компонентів на основі біологічних проб. До них відносять всі види лабораторних досліджень і аналізів (colorиметрія і т. д.). Визначити фізіологічні та фізико-хімічні показники, що свідчать про наявність емоційного стресу, можна із застосуванням кількох методів:

1. За допомогою механічних вимірювань визначаються швидкість і прискорення кровотоку, які при емоційному напруженні значно зростають; зміни тиску крові; вібрації і т. д.



2. Метою електричних вимірювань є дослідження електричних біопотенціалів.

3. Вимірювання оптичних параметрів досліджуваної речовини здійснюється колориметричними, спектральними, фотометричними та поляриметричними методами.

4. За допомогою фізико-хімічних досліджень визначають кількісні та якісні показники складу крові, їх зміни, спричинені наявністю емоційного стресу.

5. Тестові методи дослідження полягають у визначенні психосоциальних показників стану здоров'я людини.

6. Спільні методи дослідження застосовуються при необхідності одночасного визначення двох або кількох величин для знаходження залежності між ними (вимірювання тиску крові в судинах і швидкості кровотоку і т. д.) (табл. 2.1).

Для вирішення інженерних завдань при проектуванні медичної апаратури, які виникають в процесі дослідження медико-біологічних показників, використовують способи порівняння з мірою [33]:

- метод протиставлення, при якому вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно впливають на пристрій порівняння;
- диференціальний метод, у якому прилад показує різницю між вимірювальною величиною і відомою величиною, відтвореною мірою;
- нульовий метод – метод порівняння вимірюваної величини з мірою, при якому результуючий ефект впливу величини на індикатор рівноваги приводить до нуля (використання набору мір);
- метод заміщення, у якому вимірювана величина заміщується відомою величиною, відтвореною мірою;
- метод збігів, при якому різницю між вимірюваною величиною й величиною, відтвореною мірою, вимірюють, використовуючи збіг оцінок шкал або періодичних сигналів.

Залежно від характеру зміни вимірювальної величини в часі розрізняють статичні та динамічні вимірювання.

Одним із головних завдань, при проектуванні апаратури, є правильний вибір методу визначення змін медико-біологічних показників при психічних та фізіологічних проявах емоційного стресу; вибір за-

собів здійснення реєстрації вихідних біосигналів та пристроїв переробки і подання кінцевої інформації, а також їх метрологічних характеристик [33].

Таблиця 2.1

**Методи дослідження емоційного стресу**

Методи дослідження	Технічне рішення	Результати застосування
Механічні	Тонометр	Визначення швидкості і прискорення кровотоку
Електрокардіографічні	Електрокардіограф	Визначення електричних біопотенціалів
Плетизмографічні	Плетизмограф, поліаналізатор, аналізатор кліренсів	АТ, функціональна діагностика ПК, ЧСС, термографічні показники
Електроміографічні	Електроміограф	Електрохімічна активність м'язів
Енцефалографічний	Електроенцефалограф	Електрична активність головного мозку
Електрошкірні	Прилад для вимірювання шкірного потенціалу	Шкірно-гальванічний опір, власна біоелектрична активність шкіри
Реографічні	Прилад добового моніторингу АТ	Визначення гемодинамічних показників
Поліграфічні	Поліграф	Електрична активність серця, гемо показники, електрохімічна активність нервів, визначення рівня схвильованості
Спільні методи	Телемедична електрокардіографічна система	Реографічні та електрокардіографічні показники
Тестові	Психологічні тести	Дослідження тривожності, асоціативний експеримент, дослідження самооцінки тощо

Встановлення взаємозв'язків між відповідними властивостями організму (рис. 2.1) включають в себе визначення зовнішніх проявів наявності емоційного стресу (блідість або почервоніння шкіри, пітливість, зміна частоти дихання, тремтіння кінцівок і т. д. [1]); фізіологіч-

них змін (активація діяльності серцево-судинної системи і т. д. [1]); фізико-хімічних показників (зростання рівня лейкоцитів крові та катехоламінів і т. д. [2, 3]); психологічних проявів (нервозність, порушення сну, дратівливість, депресія і т. д. [34]); особистісних показників (схильність до невротичних захворювань, адаптаційні властивості, вроджений механізм емоцій і т. д. [32, 34]).

Наступним етапом є визначення методу проведення досліджень (див. рис. 2.1), а саме – конкретних методів визначення емоційного стресу. Методи дослідження окремих властивостей об'єктів можуть бути найрізноманітнішими. Фізіологічні дослідження проводяться за допомогою механічних методів (вимірювання тиску крові та вібрація судин при кровонаповненні і т. д.); електричних (вимірювання електричних біопотенціалів); оптичних (фотометричні, плетизмографічні та інші методи досліджень); методів дослідження теплопродукції та теплообміну біосистеми (термометрія, біокolorиметрія і т. д.). До активних досліджень відносять функціональні методи (психологічні [34]) вимірювання (метод спостереження, метод експеримента, метод опитування, методика семантичного диференціалу (Ч. Осгуд, 1952), тестові методи, комплексна оцінка стану організму).

Теплофізичні засоби здійснюють вимірювання зміни температурних показників [1] за допомогою відповідних приладів (термометри, тепловізори, пірометри) (рис. 2.2).

Людина постійно піддається незначному стресовому впливу (синдром Марфана) і тому, в кров надходить невелика кількість кортико-стероїдів (адреналін, норадреналін) внаслідок незначних фізичних та розумових навантажень. При хронічному стресі спостерігається збільшення лейкоцитів в крові [2, 3]. При короткотривалому сильному нервовому збудженні (короткотривалому стресі) спостерігається посилення секреція катехоламінів в крові [2].

Взаємодія лазерного випромінювання з біологічними молекулами крові реалізується найчастіше на клітинних мембранах, що зумовлює неспецифічну реакцію клітин: зміну поверхневого заряду клітин та їх діелектричної проникності, підвищення активності ферментних і обмінних процесів, підвищення рівня споживання кисню тканинами і окисно-відновного потенціалу, посилення біоенергетичних і синтетичних процесів [35].

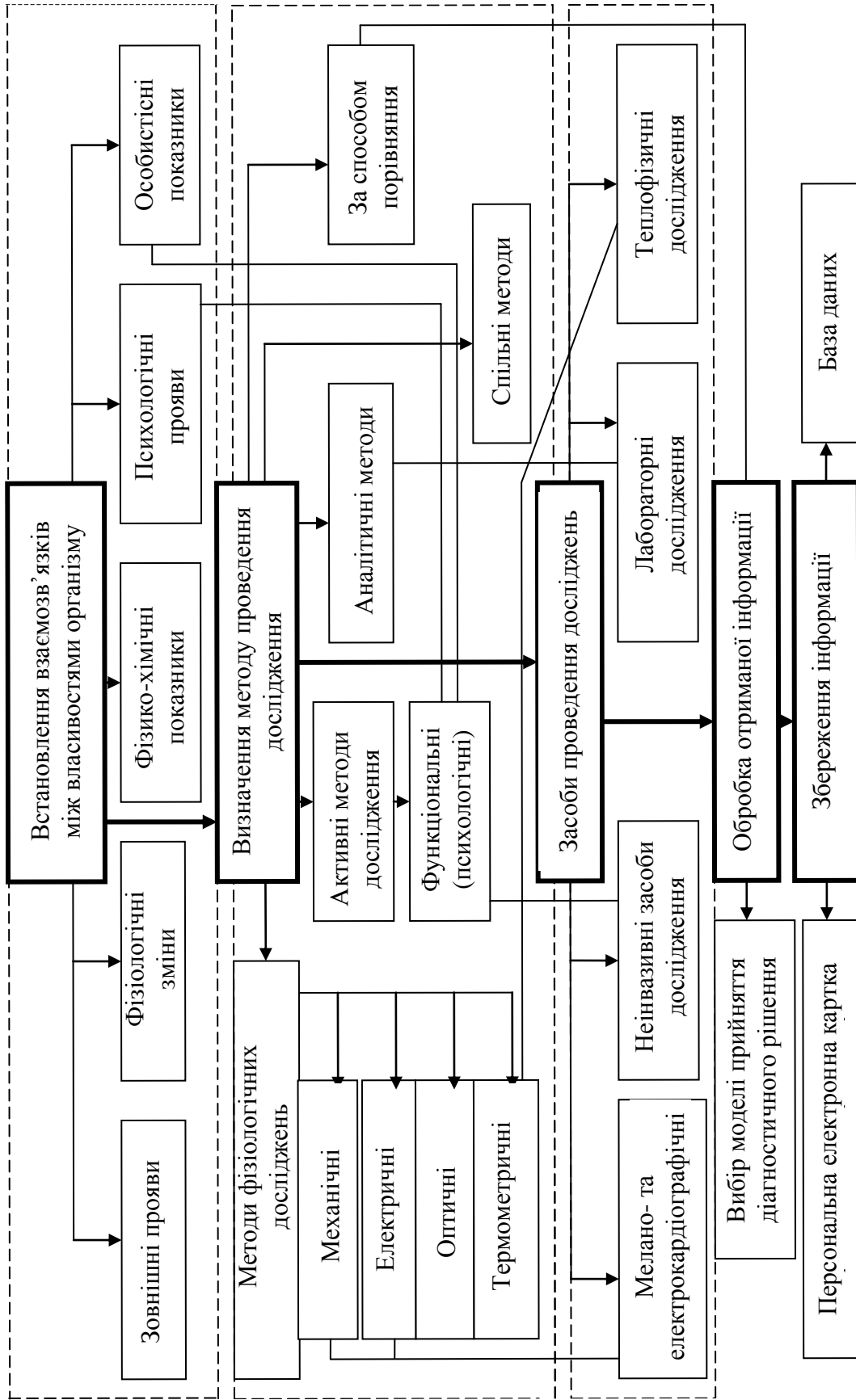


Рис. 2.1. Схема методу поетапного дослідження змін біопотенціалів

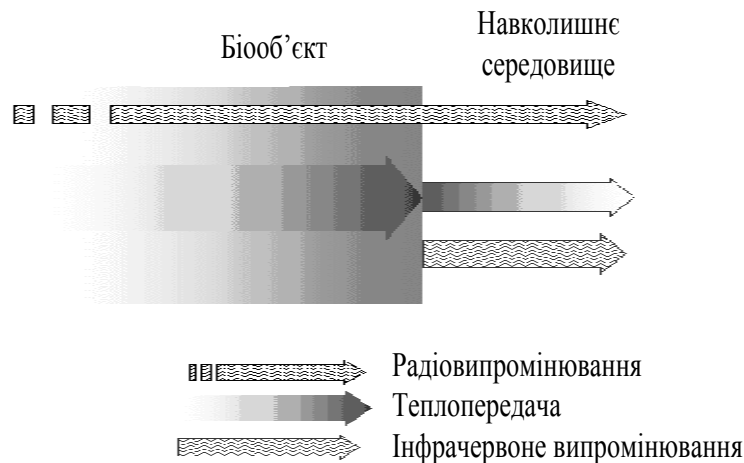


Рис. 2.2. Схема передачі внутрішньої теплової енергії за відсутності внутрішніх температурних аномалій

Біофізичний механізм дії лазерного випромінювання на тканини заснований на використанні електромагнітного випромінювання, одержаного від робочої речовини [36] внаслідок збудження її атомів електромагнітною енергією лазерного випромінювання.

Згідно із результатами експериментальних досліджень [36], близько 50 % енергії лазера поглинається шкірою. Під впливом лазерного випромінювання проходить активізація і нормалізація імпульсації шкірних рецепторів та спостерігається збільшення вмісту адреналіну та норадреналіну. Характеристики лазерного випромінювання встановлюються таким чином, щоб запобігти виникненню біологічних ефектів для всього спектрального діапазону і вторинних ефектів (опіків) [37].

Нетермічна дія лазерного випромінювання обумовлена процесами, які виникають внаслідок поглинання тканинами електромагнітної енергії, а також електричними і фотоелектричними ефектами.

Основним завданням при проектуванні оптичної вимірювальної апаратури є проведення детального аналізу мікрокількостей речовини, локалізованих у малих об'ємах (до  $10^{-10}$  см<sup>3</sup>) і встановлення якісного і кількісного елементного складу найрізноманітніших об'єктів практич-

но без їхнього руйнування за допомогою сфокусованого лазерного випромінювання (спектрофотометрія) [38].

Розробка нових аналітичних методів визначення ультранизьких вмістів елементів в різних речовинах є сьогодні актуальною для багатьох галузей сучасної науки і техніки (визначення рівня катехоламінів в крові при короткотривалому стресі). В деяких випадках високу чутливість аналізу можуть забезпечити традиційні аналітичні методи або їх модифікації: атомно-абсорбційна і атомно-флуорисцентна спектрометрія, нейтронно-активаційний аналіз, іскрова мас-спектроскопія та інші. Проте в більшості випадків їх чутливість обмежена. Великий інтерес для аналітичного застосування викликають лазерні методи детекції одиничних атомів. Вони засновані на методі лазерного збудження флуорисценції атомів і лазерної ступінчастої резонансної фотоіонізації атомів [36, 38].

В методі лазерної багатоступінчастої фотоіонізації атоми збуджуються лазерним випромінюванням в проміжний стан за одну або декілька ступенів, після чого здійснюється фотоіонізація тільки збуджених атомів. При цьому виділяють умовно три підходи: нерезонансна фотоіонізація збудженого атома в континуум; іонізація атома з рідбергівського стану електричним полем шляхом зіткнення з частинками буферного газу та інше; резонансна фотоіонізація збудженого атома шляхом збудження в вузький автоіонізаційний стан. При **іонізації на переходах в континуум** [38] збуджений атом іонізується допоміжним лазерним випромінюванням або випромінюванням, що використовується на одному з ступенів резонансного збудження. При **іонізації через рідбергівський стан** [38] атом з проміжного стану збудження іонізується імпульсом електричного поля. Дослідження продемонстрували, що рідбергівські атоми мають унікальну властивість порівняно легко іонізуватись в електричному полі незалежно від виду атома. Причому кожний рідбергівський стан характеризується своїм значенням критичного електричного поля, поблизу якого іонізація має пороговий характер.

**Іонізація через автоіонізаційний стан** [38] є однією із можливостей підвищення зрізу фотоіонізації атома за рахунок збудження на останній стадії в автоіонізаційний стан. Автоіонізаційний стан (АС) –

це стан дискретного спектра, зумовлений збудженням внутрішніх електронів атома, що лежать вище границі іонізації атома, тобто в континуумі. Для багатоелектронних атомів такі стани можуть бути достатньо вузькими і зрізи такого автоіонізаційного переходу можуть на декілька порядків перевищувати зріз нерезонансної фотоіонізації.

Біологічні об'єкти являють собою предмет особливої цікавості для застосування фотоіонізуючого методу, бо як дозволяють виявити його важливу якість – нечутливість до інших елементів, крім того що аналізується. Це не вимагає попереднього розділення проб [38].

При впливі електромагнітного випромінювання на кров, в ній утворюються пухирці пари. А пара являє собою двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), до якого входить дві молекули кисню. Як відомо, при взаємодії молекули кисню із атомом адреналіну відбувається реакція окислення адреналіну з утворенням адренохрому (рис. 2.3) з характерним насиченим червоним кольором (рис. 2.4).

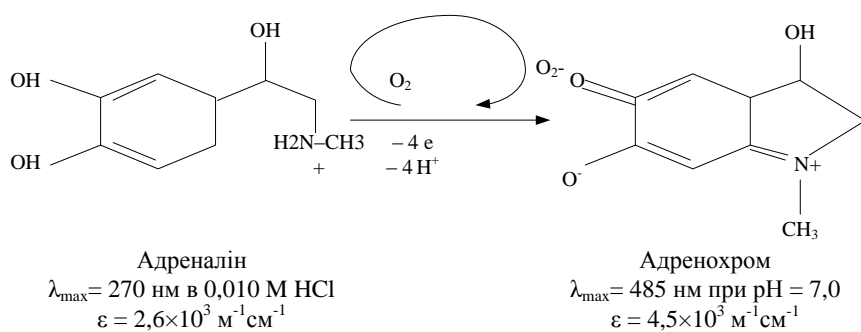


Рис. 2.3. Процес окислення адреналіну

При гострому стресі рівень катехоламінів різко зростає; період їх напіврозпаду становить 30 секунд [39, с. 197–202]. А поскільки за цих умов в крові збільшується кількість лейкоцитів, то є можливість зареєструвати, за допомогою високочутливих засобів вимірювання, ледь помітну зміну кольору (табл. 2.2) в деяких ділянках кров'яного русла. Електромагнітне випромінювання також здатне значно збільшити кількість та секрецію катехоламінів [39] (табл. 2.3), збільшити швидкість крові в судинах [2] та прискорити окисні реакції адреналіну [2, 39].

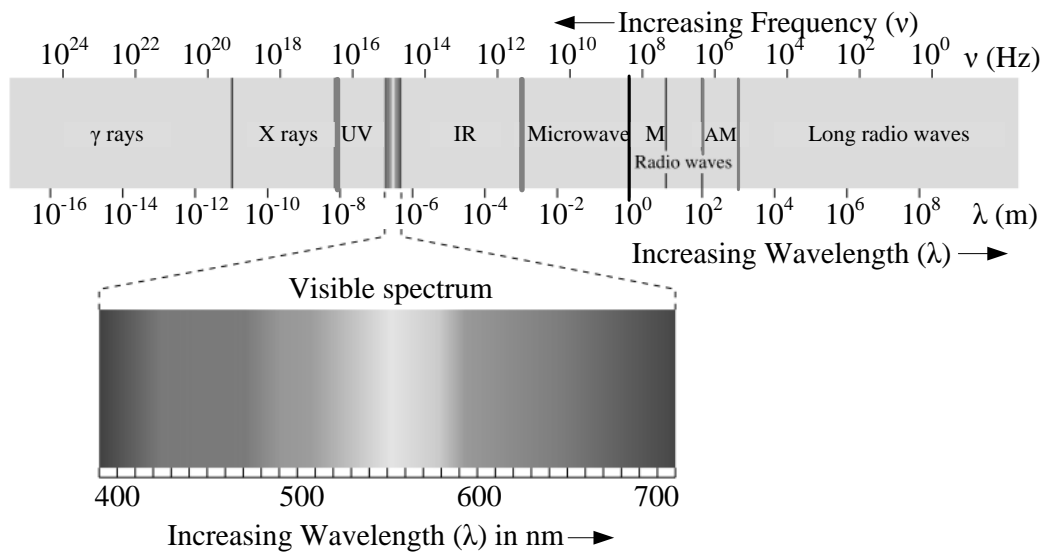


Рис. 2.4. Довжина хвилі випромінювання адреналіну, що припадає на видимий спектр

Враховуючи, що кров – оптично неоднорідне дисперсне середовище [2], характеристики якого залежать і від концентрації «шлаків» – продуктів розпаду та згортання крові, що збільшується при стресі, існує можливість діагностування відповідних захворювань на основі оцінки розсіювальних властивостей крові, що міститься у кровоносних судинах людини.

Таблиця 2.2

**Значення довжин хвиль та частотні характеристики спектрів випромінювання**

Колір	Діапазон довжин хвиль, нм	Діапазон частот, ТГц	Діапазон енергії фотонів, еВ
Фіолетовий	380–440	790–680	2,82–3,26
Синій	440–485	680–620	2,56–2,82
Блакитний	485–500	620–600	2,48–2,56
Зелений	500–565	600–530	2,48–2,56
Жовтий	565–590	530–510	2,10–2,19
Оранжевий	590–625	510–480	1,98–2,10
Червоний	625–740	480–405	1,68–1,98



При цьому необхідно визначити робочу спектральну область, де виявляється максимум чутливості характеристик відбитого шкірою людини випромінювання, до концентрації адреналіну або інших відповідних показників у її крові.

Таблиця 2.3

**Таблиця частотних характеристик катехоламінів  
у видимому спектрі**

Назва діапазону		Довжина хвилі, $\lambda$	Частоти, $\nu$	Джерела
Оптичне випромінювання	Інфрачервоне випромінювання	1 мм – 780 нм	300 ГГц – 429 ТГц	Випромінювання молекул і атомів при теплових і електричних впливах
	Видиме випромінювання	780–380 нм	429 – 750 ТГц	
	Ультрафіолетове	380 – 10 нм	$7,5 \times 10^{14}$ – $3 \times 10^{16}$ Гц	Випромінювання молекул і атомів при дії прискорених електронів

## 2.2. Інструментальні і приладові методики в діагностиці стресу

В діагностичній апаратурі значне місце посідають прилади лікарського контролю, які надають медичному персоналу інформацію про окремі фізіологічні показники пацієнта (рис. 2.5): параметри кров'яного тиску, частоту серцевих скорочень і дихання, дихальний об'єм тощо.

Хімічними методами визначаються стресові реакції, згідно з Сельє (1976) [40, с. 60, 61], за ним рівень, вмісту в сечі і в плазмі крові стресових гормонів – адренкортикотропних гормонів (АКТГ), кортикостероїдів і катехоламінів. Безпосереднє визначення АКТГ в крові не застосовується в широких масштабах через складність методів хроматографічного аналізу, який відбувається за рахунок фільтрації і розділення суміші з метою виділення і вимірювання компонентів, що в неї входять.



Рис. 2.5. Методи визначення стресової реакції

Визначення рівня катехоламінів в плазмі є складним для використання з метою досліджень. Оцінка рівня катехоламінів в сечі здійснюється методами хроматографії.

Електроміографічні (ЕМГ) вимірювання стресової реакції включають в себе оцінку впливу стресової реакції на поперечно-смугасту мускулатуру. Електроміографічне вимірювання є непрямим визначенням м'язового напруження, що вимірює електрохімічну активність нервів, які інервують даний поперечно-смугастий м'яз. Активність поперечно-смугастої мускулатури розглядається як індикатор стресової реакції [40, с. 62–64].

Практична перевага використання ЕМГ для реєстрації стресової реакції полягає в доступності для вимірювання м'язових груп.

Метод енцефалографічної діагностики лабільності нервової системи є найбільш ефективним для дослідження перебігу емоційного стресу.

Основними гемодинамічними критеріями оцінки емоційного стресу є периферичний кровотік (ПК) і частота серцевих скорочень (ЧСС) (рис. 2.6) [2; 40, с. 64–65].

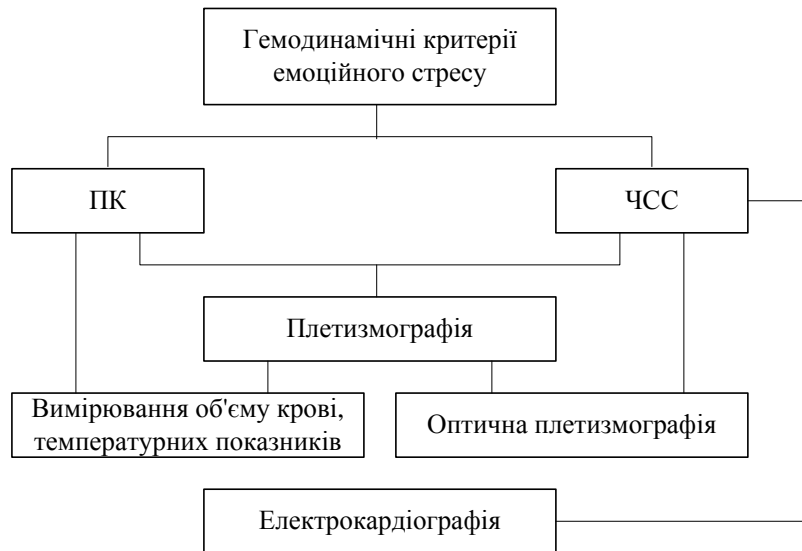


Рис. 2.6. Гемодинамічні способи вимірювання емоційного напруження

ПК визначають за допомогою методу плетизмографії, яка направлена на оцінку об'єму крові, що циркулює в досліджуваній анатомічній області. Об'єктами плетизмографічних вимірювань є пальці рук та ніг, гомілки і передпліччя, при стресовій реакції об'єм крові в цих місцях зменшується. Це явище розглядається як наслідок прямої нервової імпульсації, яка викликає ефект звуження кровоносних судин.

В клінічних умовах ПК визначають за температурою шкіри, яка вимірюється в будь-якій з вищезгаданих анатомічній області. Температура шкіри є більш зручним показником в порівнянні з даними плетизмографії.

На теперішній час існує ряд способів і пристроїв, в яких зроблені спроби здійснити вимірювання емоційного стресу. Одним із способів являється *термографія* за допомогою індикаторної картки, в якій використовуються властивості рідких кристалів в залежності від температури вимірювати кольорове забарвлення, за яким визначають рівень стресу. Проте температура пальців рук, в яких затискається картка, залежить від багатьох побічних факторів, які ніякого відношення до стресу не мають і тому не дозволяють об'єктивно судити про нього.

ЧСС визначають методом оптичної плетизмографії чи електрокардіографії (ЕКГ).

При визначенні параметрів артеріального тиску крові, а саме, систолічного  $P_s$  і діастолічного  $P_d$ , імпендансна плетизмографія дозволяє отримувати криву зміни опору ділянки тіла людини, або так звану *реограму* (рис. 2.7).

*Реографічний метод* вимірювання параметрів АТ є порівняно новим напрямком в оцінці якості функціонування серцево-судинної системи людини. Йому властиві такі основні недоліки як [41, с. 17–19]: значна методична похибка 20–30 %, незручності і небажані наслідки від використання оклюзивної манжетки [42, с. 145]. Причиною великої методичної похибки визначення значень  $P_s$  і  $P_d$  є накладання на реограму хвильових процесів другого і третього порядків, що обумовлені роботою інших органів людини, в тому числі легенями і печінкою.

*Імпедансна плетизмографія (реографія)* застосовується для визначення таких гемодинамічних показників, як хвилинний ударний об'єм крові, швидкість кровообігу крові, маса крові, що циркулює в артерії, швидкість розповсюдження пульсуючої хвилі, а також параметри артеріального тиску крові людини [43, с. 144–147; 44].

В таких умовах стає актуальною задача фільтрації пульсової кривої для отримання реограми, що адекватна динаміці вимірювання АТ.

До електрошкірних способів вимірювання стресової реакції відноситься оцінка впливу стресу на електричні характеристики шкіри [45, с. 65].

Метод вимірювання стресової реакції оснований на впливі шкірно-гальванічного опору (ШГО), який характеризується використанням слабкого електричного струму між двома електродами на поверхні шкіри. В цій системі шкіра функціонує як електричний опір.

Метод вимірювання шкірного потенціалу (ШП) оснований на вимірюванні власної біоелектричної активності шкіри. ШП характеризується коротким часовим інтервалом між наданням стимулу і електричною реакцією-відповіддю шкіри. Середній інтервал для ШГО складає 2–3 с. При використанні ШП цей інтервал в більшості випадків скорочується вдвоє.

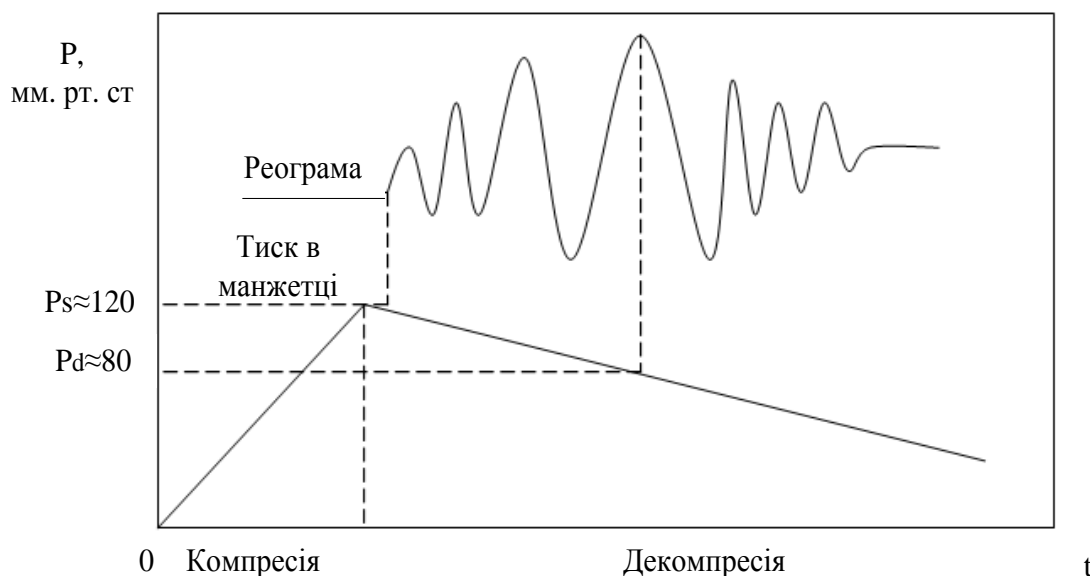


Рис. 2.7. Визначення параметрів артеріального тиску за допомогою оклюзійної манжетки.

Канал електричної активності шкіри (ЕАШ) є найінформативнішим для оцінки психофізіологічного стану людини-оператора. Двоканальний варіант ЕАШ дає можливість оцінити міжпівкульну асиметрію. Блок ЕАШ дозволяє отримати такі характеристики: тонічну складову від 0,01 Гц до 0,5 Гц; фазичну складову 5–10 Гц; діапазон вимірювання опору шкіри від 20 кОм до 1 МОм; струм зондування 3 мкА; живлення схеми здійснюється від батарей акумуляторного типу  $\pm 3$  В; споживана електрична потужність 100 мВт. Канал здійснює реєстрацію сигналу ЕАШ в діапазоні 0,1–24 кОм з похибкою не більшою  $\pm 5$  %. Частота вимірювального струму 67 Гц  $\pm 0,1$  %. Ефективність значення вимірюваного струму 2 мкА  $\pm 0,3$  %. Рівень шуму від піку до піку в каналі не більше 110 дБ. Рівень внутрішніх шумів, приведених до входу, в смузі частот 0,01–5 Гц, не більший 10 мкВ. До складу пристрою входять засоби, які дозволяють подавати на вхід калібрувальний сигнал.

Психологічні методи вимірювання стресової реакції пов'язані з визначенням їх «психологічних» ефектів.

На сьогоднішній день існують різні *методи реєстрації АТ*, зокрема електронними напівавтоматичними тонометрами [46]. Досить час-

то виникає ситуація, коли вимірний артеріальний тиск у кабінеті лікаря далекий від об'єктивного, реального значення. Пояснити це можна реакцією серцево-судинної системи на візит до лікаря, так званою «гіпертензією білого халату». Існують і інші ситуації, коли одноразові вимірювання тиску та анамнестичні дані пацієнта не дають достатньої інформації про коливання АТ. Отримані під час огляду нормальні показники тиску не можуть запевнити нас про утримання нормальних показників тиску впродовж доби, тому для більш точної діагностики АТ використовується метод добового моніторування АТ.

Прилади добового моніторування АТ забезпечують регулярне, впродовж 24 годин, вимірювання АТ із заданим часовим інтервалом та збереженням отриманої інформації, що обробляється спеціальною програмою, а результати видаються у друкованому вигляді.

Переваги *методу добового моніторування АТ*:

- оцінка рівнів коливання АТ впродовж 24 годин;
- діагностика «гіпертензій білого халату» і пограничної артеріальної гіпертензії (АГ);
- більш точна оцінка важкості АГ (результати обстеження корелюють із ураженнями відповідних органів);
- індивідуальний підбір режиму прийому медикаментозних засобів та оцінка тривалості їх медикаментозного ефекту у кожному конкретному випадку.

*Прилад для моніторування фізіологічних функцій. Система Охорони Серця – S.O.S.* – прилад для безперервного індивідуального спостереження і сповіщення про появу перших об'єктивних ознак порушення діяльності серця [47]. Робота приладу заснована на постійній динамічній реєстрації електричної активності серця (ЕКГ) людини за реальних повсякденних умов. Прилади S.O.S. можуть бути рекомендовані людям, в яких є порушення ритму серця, кардіосклероз, ішемічна хвороба серця, хворим, які перенесли інфаркт міокарда, фібриляцію і можуть бути використані для індивідуального підбору ефективних лікарських препаратів і доз.

*Електрокардіографія* допомагає з'ясувати особливості аритмії та порушення провідності серця, а також діагностувати та локалізувати

гіпертрофію, ішемію або інфаркт міокарда, які виникають внаслідок емоційного стресу.

Серед впроваджених останнім часом інструментальних методів діагностики кардіологічних захворювань одним з найбільш поширених та доступних є холтерівське моніторування ЕКГ (ХМ-ЕКГ) [48]. З огляду на поєднання неінвазивності та високої інформативності, можливостей використання у стаціонарних та амбулаторних умовах, ХМ-ЕКГ широко застосовують для діагностики ІХС, порушень ритму та провідності серця, а також оцінки ефективності лікування серцево-судинних захворювань.

Важливим напрямком розвитку методу стало *поліфункціональне моніторування*, при якому, разом з ЕКГ, реєструють артеріальний тиск та інші фізіологічні параметри.

Для діагностики більшості аритмій достатньо моніторування ЕКГ протягом 24 годин, тоді як для виявлення та належної кількісної оцінки ішемії – протягом двох діб. Для виявлення пароксизмальних порушень ритму, які виникають з періодичністю 1–2 рази на місяць, доцільно застосовувати особливі типи реєстраторів. Їх активація може здійснюватися обстежуваним у момент виникнення певних симптомів. У цьому випадку моніторування ЕКГ триває протягом 30–40 діб, а загальна тривалість збережених у пам'яті епізодів ЕКГ становить 45–50 хвилин.

У протоколі результатів холтерівського моніторування ЕКГ подається інформація про характеристики синусового ритму, кількісну та якісну оцінку виявлених порушень ритму і провідності, зміну процесів реполяризації, взаємозв'язок виявлених подій та клінічної симптоматики.

Основні показання для здійснення холтерівського моніторування ЕКГ: оцінка симптомів, які можуть бути пов'язані з порушеннями серцевого ритму та провідності; стратифікація ризику у пацієнтів із структурними захворюваннями серця без симптомів аритмії; оцінка ефективності лікування аритмій серця; оцінка функції імплантованих пристроїв; діагностика та оцінка ефективності лікування ішемії міокарда [48].

Досить розповсюдженим класом приладів для функціональної діагностики є *поліаналізатори* фізіологічних характеристик з вмонтованими обчислювачами, кожний з яких містить власний вимірювальний канал.

До цих приладів належать поліаналізатори, а також аналізатори кривих розведення, аналізатори кліренсів та ряд інших приладів, що являють собою автоматизовані комплекси, які забезпечують комплексне дослідження гемодинаміки, центральної і периферичної мікроциркуляції крові, параметрів зовнішнього дихання, насичення крові киснем і т. д.

Структурна схема імпедансно-плетизмографічного пристрою для визначення параметрів артеріального тиску показана на рис. 2.8 [49, с. 773–780].

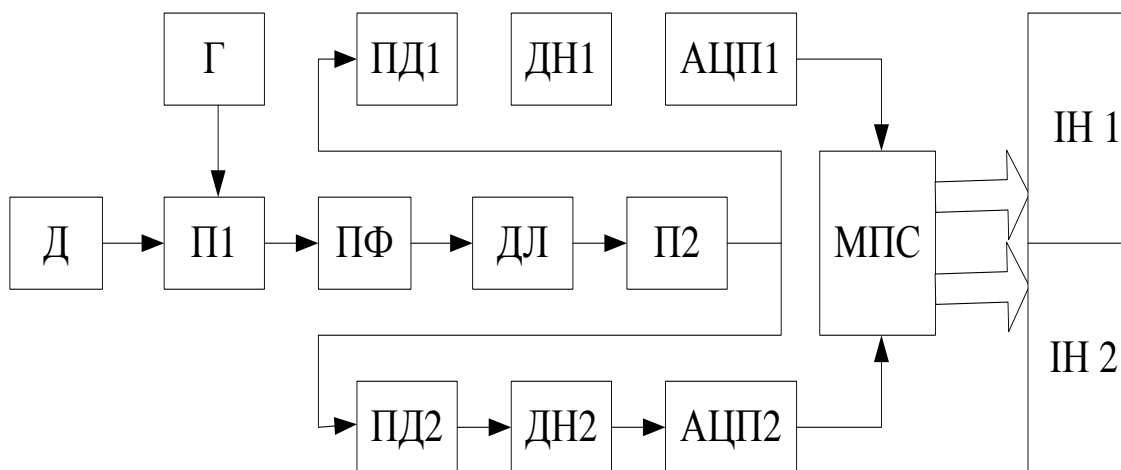


Рис. 2.8. Структурна схема імпедансно-плетизмографічного пристрою

Пристрій функціонує таким чином. Після встановлення пальцевої фаланги в робочу зону датчика Д і ввімкнення живлення, генератор Г генерує синусоїдальні коливання з параметрами  $U_{\bar{a}} = 5 \text{ В}$ ,  $f = 150 \text{ кГц}$  (рис. 2.9). В схемі підсилувача П1 визначається напруга між електродами E1 і E2:

$$U_{\bar{a}} = \frac{U_{\bar{a}} R_x}{R_0}, \quad (2.1)$$



де  $R_x$  – опір досліджуваної пальцевої артерії;  $R_0$  – базовий опір, який дорівнює 500 Ом.

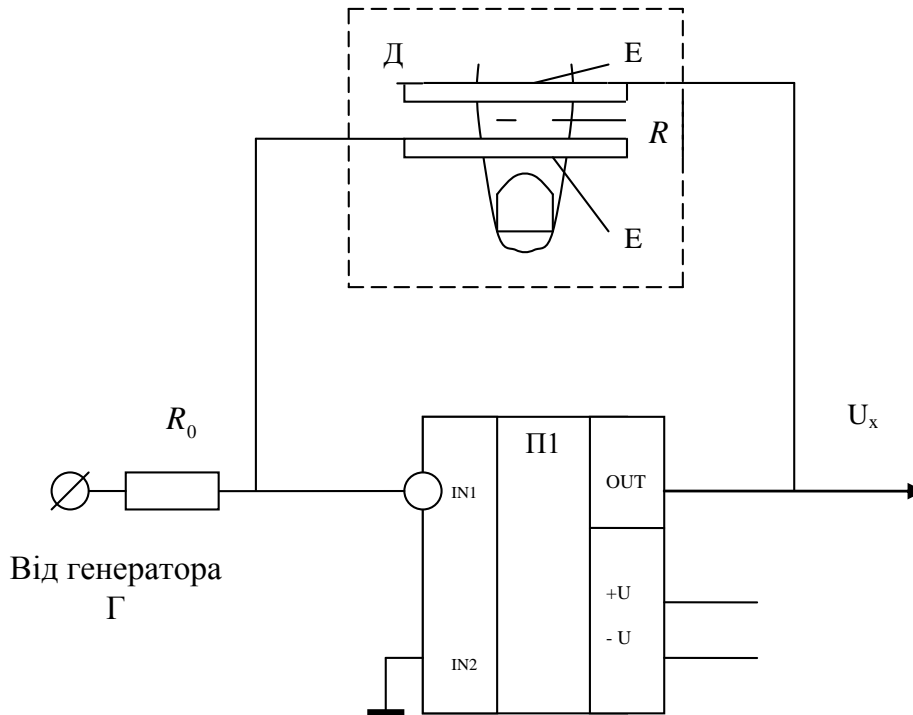


Рис. 2.9. Електрична принципова схема з датчиком Д у зворотному зв'язку підсилювача ПІ

Опір  $R_x$  змінюється в межах від 250 до 1000 Ом. При калібрувальному значенні  $R_x = 1000$  Ом значення  $U_{x\max} = 10$  В.

Вимірювана напруга  $U_x$  надходить на вхід фільтра ФВЧ, який виділяє сигнал з частотою більшою, ніж 0,5 кГц. Далі фільтр ФНЧ виділяє огинаючу сигналу з частотою нижче 50 Гц і відбувається видалення мережевих наводок і впливу тремору пальця на корисний сигнал. Отримана після фільтрації «очищена» реограма у вигляді зміни напруги, яка пропорційна зміні опору, надходить на вхід диференційного ланцюга ДЦ, на виході якого залежність набуває вигляду

$$\frac{dR_x}{dt} = k_1 \frac{dU_x}{dt}, \quad (2.2)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт підсилення вихідного підсилювача П2.

Двоканальна схема пристрою відпрацьовує версії з максимальними (ПД1, ДН1, АЦП1) і мінімальними (ПД2, ДН2, АЦП2) значеннями похідних у відповідності із (2.1) та (2.2). Після виділення екстремумів в пікових детекторах ПД1 і ПД2 сигнали надходять на дільники ДН1 і ДН2, для виключення в (2.2) постійного коефіцієнту  $k_1$ . Потім залежність має вигляд:

$$1 \text{ канал: } \left( \frac{dR_x}{dt} \right)_{\max} = \left( \frac{dU_x}{dt} \right)_{\max};$$

$$2 \text{ канал: } \left( \frac{dR_x}{dt} \right)_{\min} = \left( \frac{dU_x}{dt} \right)_{\min}.$$

Далі сигнали через АЦП надходять в мікропроцесорну систему МПС [49, с. 780], яка формує цифрові коди для наступної індикації параметрів артеріального тиску і пульсу. В результаті на ІН1, який складається із чотирьох сегментарних індикаторів, відображається інформація, що відповідає коду, який відповідає величині систолічного тиску  $P_s$ , а на ІН2 – діастолічного тиску  $P_d$ . Для відображення пульсу в процесі моніторингу необхідно натиснути клавішу «Пульс». Період вимірювання задається оператором від 10 до 30 хвилин.

Доведено, що лімбічна система мозку бере участь в регуляції та координації ряду соматичних і вісцеральних функцій і представляє собою багаторівневий і багатокомпонентний комплекс утворень, вищим відділом якого є лімбічна кора. Не зважаючи на велику кількість робіт, присвячених цій системі мозку, до цих пір немає чіткого уявлення про механізми формування і поліфункціональних впливів нейронів лімбічної кори на діяльність внутрішніх органів.

Традиційно при аналізі ЕЕГ використовуються класичні методи кореляційного, спектрального і парного когерентного аналізу [50, с. 13–19; 51, с. 157–166]. Проте ці методи ефективні тільки для оцінки функціонального стану областей головного мозку і дослідження парної взаємодії між двома областями чи структурами півкуль. Цього недостатньо для вивчення інтегративної діяльності головного

мозку, що особливо важливо при вивченні стану гострого і хронічного емоційного стресу як комплексного процесу.

Для запису електроенцефалограми використовується 16-канальний електроенцефалограф [52] з накладанням електродів на тім'яно-потиличну область голови. Спочатку записується фонові електроенцефалограма. Потім вмикається світловий подразник, джерелом якого є фотофоностимулятор, яскравістю 20 люкс з тривалістю в 10 с. Показником лабільності служить середня величина тривалості депресії альфа-ритму при послідовному застосуванні 10 світлових подразнень. Відновленням альфа-ритму вважається поява підряд чотирьох альфа-коливань. Найбільшому рівню лабільності нервової системи відповідають найменші числові значення, отримані за цією методикою. Тобто, чим лабільніша нервова система, тим швидше відбувається відновлення альфа-ритму після припинення дії подразника. Чим пасивніша нервова система, тим більше необхідно часу для того, щоб відновився альфа-ритм після відімкнення світлового подразника.

*Фізіологічний годинник «Доброго ранку».* Стрес є однією з причин порушення сну, таких як безсоння та зміна структури ЕЕГ сну [53, с. 208]. Спосіб заснований на безперервній реєстрації ЕЕГ і електроокулограми (ЕОГ) під час нічного сну, на розпізнаванні фаз за розробленими критеріями і автоматичному ввімкненні звукового сигналу пробудження в попередньо встановлений час. Кожна людина може вибрати сама для себе визначену фазу сну, необхідну для пробудження, а потім на основі суб'єктивної самооцінки і об'єктивного психофізіологічного аналізу, перевірити правильність вибраної ним для тривалості фази сну.

Прилад може бути використаним для створення оптимального психоемоційного стану, профілактики невротичних і психосоматичних розладів.

Крім електроенцефалографічних методик для діагностики сили нервової системи використовуються *рухові методики* [52] з різними варіантами вимірювання часу реакції людини на зовнішній подразник (світло, шум).

Для діагностики сили нервової системи використовується методика вимірювання часу реакції на подразник різної гучності, що запро-

понована В. Д. Небиліциним. Використовуються звукові подразники чотирьох інтенсивностей – 40, 60, 80, 100 децибел. Інтервали між подачею подразників складають 10–15 с. Подразники кожної інтенсивності діють по 25 разів у випадковому, але однаковому для всіх досліджуваних порядку. Перед звуковим подразником з відставанням в 2 с йде сигнал – спалахування лампочки. Показником сили нервової системи згідно з цією методикою є коефіцієнт  $b$ , який вираховується із рівняння регресії  $y = a + bx$ , де  $y$  – середня величина часу реакції на подразник кожної інтенсивності,  $x$  – порядкові номери інтенсивностей. Більшим значенням коефіцієнта  $b$  відповідає більша сила нервової системи.

Апаратні методики є надійними і точними способами вимірювання. Вони найбільш зрозумілі за своїм змістом і більша частина таких методик є основним референтним засобом визначення сили нервової системи [52].

Запропоновано альтернативний метод обробки сигналів у так званому фазовому просторі, який дозволяє одночасно оцінювати як амплітудні, так і часові параметри будь-яких елементів кардіосигналу, завдяки чому можна з високою точністю оцінити форму електрокардіограми, побачити ознаки найнезначніших патологічних змін у серці, які за традиційного способу обробки сигналу непомітні [54, с. 217–218]. Цей датчик – мініатюрний електрокардіограф, який дозволяє знімати кардіосигнал прямо з пальців рук. Людина бере прилад у дві руки і сигнал вводиться в систему. В середині знаходиться електронна схема, яка посилює сигнал і перетворює його в такий вигляд, щоб його можна було ввести в комп'ютер для подальшого аналізу.

Поштовхом для розвитку інструментальної детекції брехні слугувала опублікована в 1875 році робота італійського фізіолога *А. Моссо* (1846–1910 рр.). У своїх дослідженнях він довів, що залежно від величини емоційної напруги змінюється низка фізіологічних показників, наприклад, кров'яний тиск у судинах людини й частота пульсу, які змінюються залежно від коливань емоційного стану обстежуваної особи (рис. 2.10).

Реєстрація одночасно сфігмограми сонної, ліктьової, променевої артерії, а також артерії гомілки і підйому стопи, електрокардіограми, фонокардіограми проводиться за стандартною методикою на поліграфі «Biomedika» [55], який укомплектований датчиком тиску з постійною часу. Аналоговий вихід поліграфа з'єднаний з платою АЦП PCL 712, що знаходиться на одному із слотів розширення персональної ЕОМ. Частота дискретизації при записі сфігмограми складає 50 Гц.



Рис. 2.10. Поліграф

Для видалення впливу різного апаратного підсилення сигналу введені амплітуди нормування. Коливання пронормованих амплітуд, викликані випадковими помилками, згладжуються за методом найменших квадратів при апроксимації амплітуд квадратичною параболою, яка проходить через 5 послідовних точок. Зі згладжених значень амплітуд вираховують першу і другу похідні сфігмограми [56, с. 16].

Цей метод кількісної оцінки біомеханіки артерій еластичного і м'язових типів дозволяє кількісно оцінити адаптаційно-приспосувальні реакції артеріальних судин і пропульсову діяльність артеріальної системи. Програмне забезпечення для вимірювання сфігмограми суттєво підвищує діагностичну цінність судинно-серцевої системи [56, с. 16–17].

Діагностика психічної сфери людини за допомогою біоелектрографії є достатньо тонкою і важкою задачею, бо при цьому в структурі отриманого світіння необхідно розділити вплив усіх трьох рівнів ор-

ганізації людини – матеріального, біологічного і психолгічного. Правильне вирішення поставленої задачі дозволяє швидко і точно отримати дані про психічні особливості людини. Тому, одним із головних, є питання про те, що в структурі психічних явищ можна вивчати за допомогою біоелектрографії? І чи правомірне використання біоелектрографії в психологічних дослідженнях? Розглянемо ці питання докладніше.

Під час будь-якої роботи організму виділяється енергія, яка має різні характеристики в залежності від біологічних і фізико-хімічних процесів, які лежать в її основі, а також структурних і функціональних особливостей органів чи систем. Енергія, яка виділяється органом чи системою в стані норми, відрізняється від їхнього аналогу в стані дисфункції. Відповідно, вияв змін енергії в конкретних органах чи системах і порівняння їх з варіантами норми дає можливість виявити велику кількість патологічних процесів ще на ранній стадії їх розвитку. Зміни цієї енергії відображаються на паттерні газорозрядного світіння об'єкта. Таким чином, може визначатися функціональний стан людини. А механізм передачі і візуалізації цієї енергії за допомогою газорозрядної візуалізації (ГРВ) пояснюється роллю нервової системи людини в процесі формування світіння шкірного покриву людини в електромагнітному полі високої напруги [57, 58].

Також параметри ГРВ зображень відображають активність вегетативної нервової системи і баланс симпатичних і парасимпатичних відділів цієї системи. Вегетативна нервова система є основним індикатором реакції організму на внутрішні та зовнішні подразники – від зміни погоди, хімічного складу їжі і ефективності засвоєння кисню, до емоційних переживань. Всі ці процеси відпрацьовуються симпатичною і парасимпатичною нервовою системою і відображаються на параметрах шкірного покриву. В цьому випадку, відбувається зміна електричного опору шкіри як в цілому, так і в електропунктурних точках [59]. При порушенні роботи вегетативної нервової системи, органи і системи починають працювати невідповідно, асинхронно, виникають функціональні порушення. Все це проявляється в порушенні потовиділення, поганому самопочутті, розладах сну тощо. Внаслідок чо-

го капіляри звужуються та розширюються, відбувається викид органічних молекул з пор, змінюється характер переносу електронів по з'єднувальній тканині. Всі ці процеси впливають на емісію електронів зі шкіри і на розвиток електронних лавин. Таким чином, діагностика психічних станів базується на вимірюванні особливостей роботи різних відділів нервової системи, зміни в яких викликають різноманітні психічні стани чи відображають їх кількісні чи якісні характеристики.

Ця теза підтверджується численними експериментами, які показують вплив активності вегетативної нервової системи на характеристики ГРВ, що фіксуються. Були отримані статистичні значимі кореляції цих характеристик з результатами вимірювання варіабельності серцевого ритму [60], систолічного та діастолічного тиску [61], перспірації та потовиділення [62], рівня стресу [63] і т. д. Був показаний вплив різних відділів вегетативної нервової системи на отримані за допомогою біоелектрографії результати.

Особливу увагу при аналізі ГРВ приділяють асиметрії мозку, оскільки кожна півкуля мозку має свою будову, свою специфіку, свій власний спосіб оброблення інформації [64]. Особливості роботи півкуль мозку можуть бути використаними для опису психотипу людини, враховуючи, що права рука це ліва півкуля мозку, а ліва рука – права півкуля. Це дозволяє використовувати біоелектрографію для діагностики психічних властивостей особистості, особливостей його сприйняття і обробки інформації. В цей же час сильна асиметрія спостерігається досить рідко і зазвичай це ознака патологічного стану.

Після визначеної практики метод ГРВ дозволяє проводити достатньо точний аналіз фізичного і психологічного стану людини. Багато в чому точність цього аналізу залежить від глибини розуміння системних принципів роботи організму, від сприйняття їх як єдиної, холістичної, нероздільної системи. Основною перевагою цього підходу являється те, що психологічні оцінки даються на основі даних об'єктивних вимірювань, які не залежать від бажання людини представляти себе у визначеному світлі. Теоретичні і експериментальні дані показують, що застосування біоелектрографії дозволяє достатньо ефективно визначати сильні та інтенсивні психічні стани, відділяти стани емоційного напруження і стомлення від стану оперативного спокою. Проте

діагностика особливостей протікання психічних процесів і особливостей міжособистісних відносин потребує додаткових методологічних обумовлень і експериментальних підтверджень.

В основу *телемедичної електрокардіографічної системи* входять такі апаратні модулі [65, с. 35]:

- вбудований модуль ЕКГ МСЛ, який побудований на базі промислового комп'ютера і виконує роль пульта і монітора для всієї системи;

- компактний принтер для ЕКГ;
- зчитувач карт Compact Flash і карти для нього;
- електронний вимірювач артеріального тиску;
- пульсоксиметр;

- комплект «Hands Free», який складається із мікрофона і навушників з регулюванням гучності;

- відеокамера з можливостями цифрової фотозйомки з високою роздільною здатністю для передачі фотографії і проведення телеконференцій;

- GSM-телефон, оснащений спеціальною SIM-карткою для проведення захищених трансакцій і з технологією підтримання GPRS;

- зчитувач мікропроцесорних пластикових карток.

Крім того, центральний модуль може оснащуватися периферійними пристроями, такими як мережеві адаптери, з'ємні диски і т. п.

Рівень біомедичної інформації (БМІ) представлений компонентами, які здійснюють візуалізацію БМІ і результатів аналізу, а також інтерфейсом управління різними підсистемами. Комунікаційна підсистема забезпечує інтеграцію біомедичної системи (БМС) з централізованою базою даних (БД) медичного закладу, зберігання і ведення архівів медичних даних. Підтримка Smart-карт дозволяє забезпечити конфіденційність доступу до БД і захищене управління даними пацієнтів [65, с. 36]. В якості управляючої операційної системи (ОС) для телемедичної системи служить Microsoft Windows. В процесі передачі даних від телемедичного комплексу використовуються різні канали зв'язку, більша частина з яких не захищена від несанкціонованого доступу (рис. 2.11). Конфіденційність забезпечується застосуванням різних методів шифрування даних. Найбільш ефективним є використання відповідних алгоритмів.



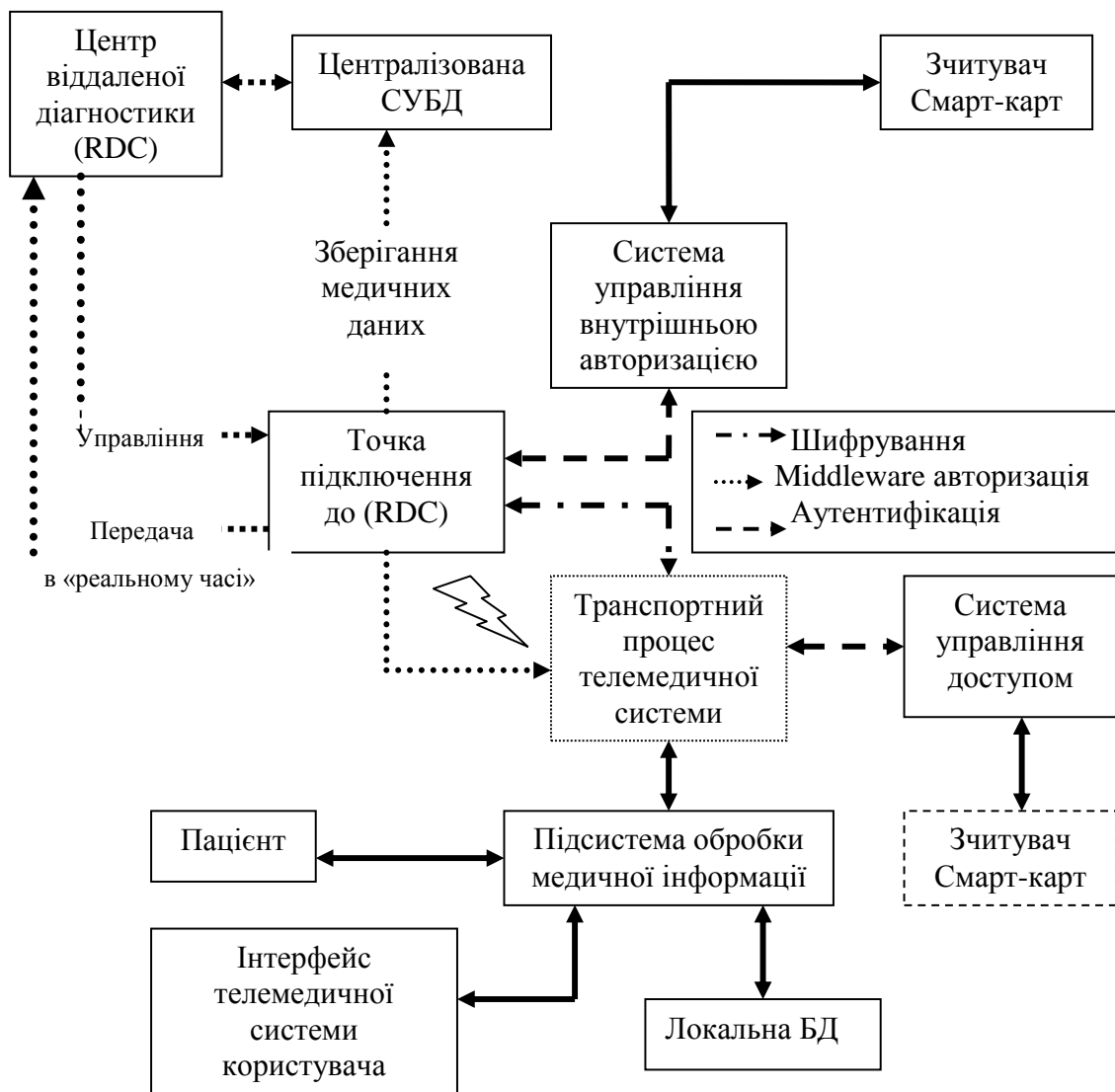


Рис. 2.11. Схема потоків даних телемедичної системи

Процес передачі реальних медичних даних ЕКГ представлений на прикладі експерименту із супутниковою мережею Global Star і GSM – мережею (рис. 2.12).

Зв'язок здійснюється з централізованою БД, яка доступна через Інтернет за рахунок активної аутентифікації Smart-картою. Після з'єднання з використанням безпроводної телефонної мережі телемедична система здійснює передачу одного вибраного відведення ЕКГ в інтерактивному режимі (реальному часі) і з наступним відправленням 12-ти відведень в стисненому форматі [65, с. 36–38]. В режимі реєст-

рації відбувається відображення в режимі реального часу кардіограми, отриманої від пацієнта. Під час зняття ЕКГ лікар може:

- вимірювати масштаби відображення ЕКГ ([1/2/5/10/20/50/100] мм/мВ і [12,5/25/30] мм/с відповідно);
- змінювати кількість відображених одночасно відведень і переключати їх;
- активізувати вимірювання артеріального тиску;
- моніторинг SpO<sub>2</sub> здійснюється автоматично;
- зберігати і в разі необхідності відправляти зареєстровану ЕКГ;
- активувати режим аналізу.

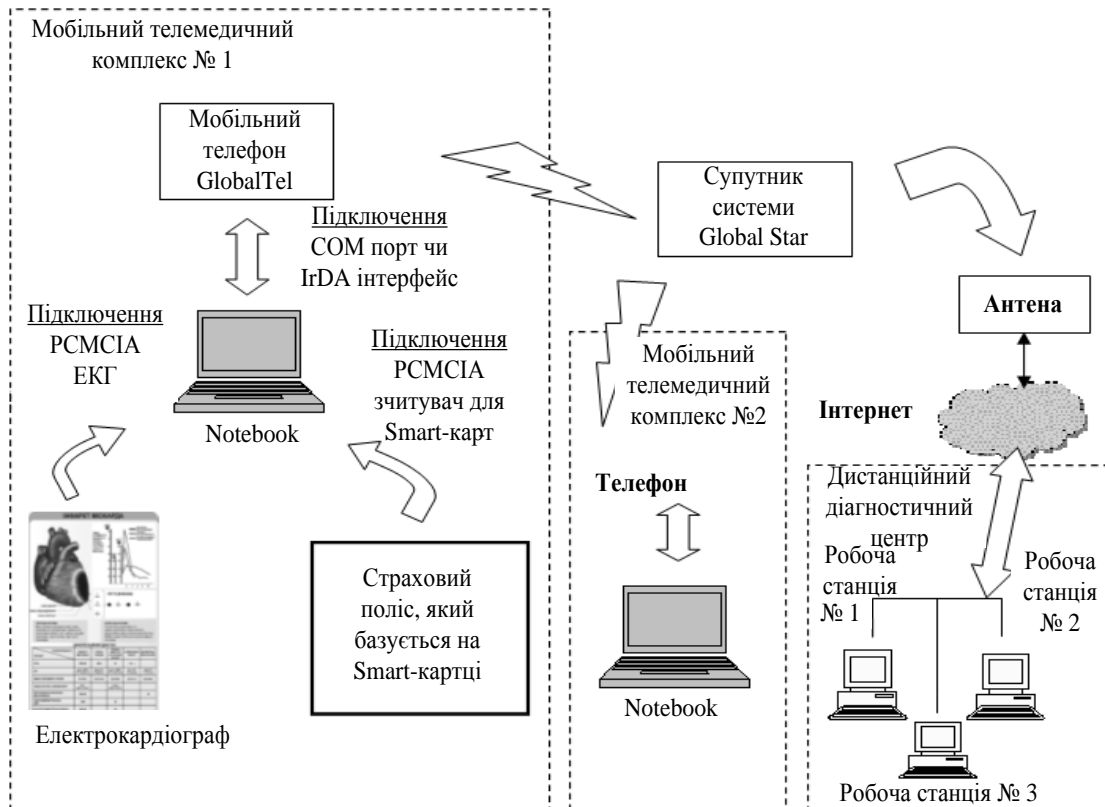


Рис. 2.12. Структура передачі даних телемедичної системи через мережу Global Star

Останні 15 з зареєстрованих кардіограм при переході в режим аналізу використовуються для аналізу ЕКГ. Модуль аналізу ЕКГ проводить обмін детектованих QRS-комплексів і порівнює їх значення з нормативами, які відповідають віку, масі тіла, росту пацієнта.

*Метод оцінки «індексу напруги»* відображає співвідношення симпатичних і парасимпатичних впливів в механізмі емоційного стресу по вимірюванню ритму серцевої діяльності [66]. Індекс напруги вираховується на основі математичного аналізу кардіоінтервалограм, електрокардіограм. Згідно зі значенням індексу напруги роблять висновок про переважання тону симпатичного чи парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи, співвідношення яких вимірюється при емоційному стресі.

*Прилад для індивідуального самоконтролю емоційного стресу в людини (дозатор емоційного стресу).* Об'єктивний критерій емоційного стресу, оснований на визначенні коефіцієнтів крос-кореляції між АТ, частотою серцевих скорочень і частотою дихання [66, с. 87–95]. Спосіб, заснований на реєстрації вегетативних показників людини: частоти серцевих скорочень, частоти дихання і на розрахунок крос-кореляційних коефіцієнтів, які об'єктивно відображають ступінь розвитку стресу.

Прилад представляє собою портативний переносний пристрій з автономним джерелом живлення для індивідуального користування, в якому здійснюють персональне програмування гранично допустимого рівня стресу і отримують сигнал сповіщення у випадку зростання стресу до небезпечної для здоров'я і життя межі.

Для реєстрації сигналів електрокардіограми (ЕКГ), частоти дихання (ЧД) і шкірно-гальванічного опору (ШГО) використовують мініатюрні тензо- чи п'єзодатчики у вигляді контактних електродів і пневмограму, яка характеризує частоту дихання і додатково при реєстрації шкірно-гальванічного опору використовують контактні електроди. Датчики, що використовуються, підключені до відповідних блоків реєстрації, що представляють собою підсилювачі біосигналів (рис. 2.13). Електроди для реєстрації шкірно-гальванічного опору підключені до блока вимірювання шкірно-гальванічного опору, який представляє собою відомий пристрій [66, с. 340–364] і забезпечує подачу на електроди слабкої змінної напруги (наприклад, 1 В), що виробляється генератором частоти, з подальшим вимірюванням величини струму, який протікає, і за яким визначається імпеданс.

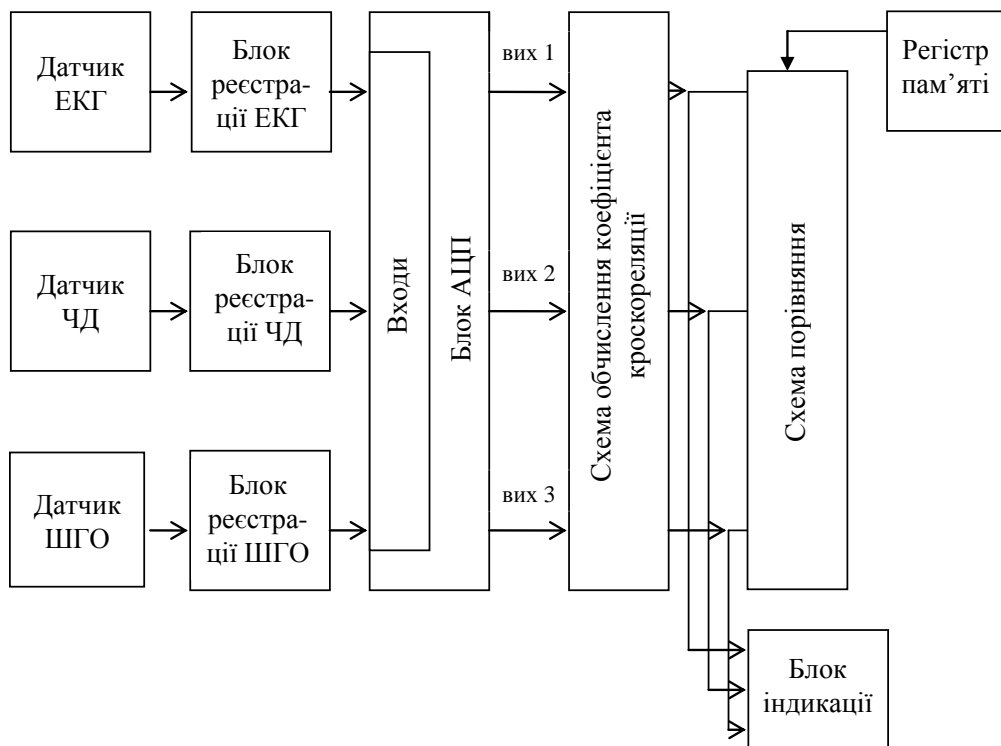


Рис. 2.13. Блок-схема апарату «Дозатор стресу»

Сигнали реєстрації надходять в портативний пристрій. Попередньо, перед використанням приладу, людина проходить психофізіологічне тестування для виявлення невротичного стану і ступеня стійкості до емоційного стресу [66]. За даними цього дослідження в прилад вводять вихідні дані і гранично-допустимі межі емоційного стресу. В приладі відбувається поточний розрахунок кореляційного показника, який характерний для розвитку емоційного стресу в індивідуума. Якщо поточні значення виходять за встановлену граничну межу, то прилад дає звуковий сигнал, який сприймається людиною. Якщо ж величина емоційної напруги залишається в межах допустимої норми, то тривожний сигнал відсутній і людина може здійснити оцінку ступеня розвитку стресу за допомогою зорової цифрової індикації. Одночасно представлена цифрова індикація частоти серцевих скорочень, частоти дихання і величини шкірно-гальванічного опору.

Вихідні сигнали з блоків підсилення електрокардіограми, частоти дихання, шкірно-гальванічного опору подаються на вхід блока

аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Виходи блока АЦП підключені до входів схеми обчислення коефіцієнта кроскореляції (ЧСС – ЧД і ШГО).

Вихідний сигнал, що відповідає коефіцієнту кроскореляції, надходить на вхід схеми порівняння, а також на вхід блоку індикації. На інший вхід схеми порівняння подається сигнал з кодового перемикача регістра пам'яті, до якого попередньо вводяться дані про гранично допустиму величину коефіцієнта кроскореляції вказаних вегетативних параметрів. Введення даних здійснюється або через порт RS – 232 персонального комп'ютера, або через вторинні мікроперемикачі.

Останнім часом досить широке застосування, для дослідження емоційної діяльності людини, отримав так званий стрес-тест, при якому електрокардіограф (ЕКГ), що реєструє зміни серцевого ритму при проведенні досліджень, схильний до дії артефактів, викликаних рухами пацієнта під час тесту. В точці найбільшого навантаження артефакти можуть настільки спотворити ЕКГ, що вона стає непридатною навіть для візуального аналізу і інтерпретації. Алгоритми автоматичного аналізу ЕКГ також не завжди справляються із спотвореною шумом ЕКГ – можливі, наприклад, помилки в детектуванні QRS-комплексу, ЧСС, що призводить до неправильного обчислення. Тому було запропоновано метод комплексного алгоритму, коли застосовується алгоритм, що використовує фільтри з кінцевою імпульсною характеристикою (KIX) (Finite Impulse Response Residual Filtering-(FRF), Алгоритм Інтелектуального Перемикання Відведень (Intelligent Lead Switch algorithm) і Алгоритм Визначення Циклічних Артефактів (Detection of Cyclic Artifacts). Алгоритм FRF зменшує коливання базової лінії (ізолінії), рухові артефакти, що викликані рухами людини і забезпечує значно менші спотворення QRS-комплексу. Усереднений QRS-комплекс, який постійно оновлюється, віднімається з поточного QRS-комплексу, а різницевий сигнал фільтрується і додається до усередненого комплексу. Алгоритм Інтелектуального Перемикання Відведень безперервно вибирає найбільш якісні відведення для детектування QRS-комплексу, що дозволяє точніше визначати ЧСС. Для управління функцією перемикання відведень крім відомих параметрів, таких як амплітуда сигналу і рівень шумів, використовується новий параметр, що отримується

за допомогою Алгоритму Визначення Циклічних Артефактів (Detection of Cyclic Artifacts) [66].

Алгоритм Інтелектуального Перемикавання Відведень використовує надлишковість багатоканального ЕКГ-сигналу і вибирає для детектування QRS-комплекси, що найменш схильні до артефактів. Це підвищує точність обчислення ЧСС, аналізу сегменту ST і визначення аритмій під час Стресс-тесту. Для управління функцією перемикавання разом з такими параметрами, як амплітуда QRS-комплексу і рівень шуму використовується новий параметр, що отримується за допомогою «Алгоритму Визначення Циклічних Артефактів». Всі алгоритми працюють в реальному часі.

Для оцінки якості алгоритму FRF і Алгоритму Інтелектуального Перемикавання відведень (включаючи алгоритм визначення циклічних артефактів) була створена база даних з приблизно 750 розшифрованих експертами ЕКГ. Більшість ЕКГ були взяті з досліджень, виконаних з навантаженнями, розшифровані лікарем і підтверджені. Було занотовано точне розташування категорії для кожного QRS-комплексу, наприклад: нормальний, передчасне шлуночкове скорочення (PVC), передчасне надшлуночкове скорочення (PSVC).

Алгоритм FRF складається з Модуля Оновлення усередненого QRS-комплексу (Median update) і Функції Віднімання усередненого QRS-комплексу із поточної ЕКГ, що дає на виході різницевий сигнал (residual signal). Різницевий сигнал проходить через фільтри нижніх (Low pass filter) і верхніх (High pass filter) частот, після чого додається до усередненого комплексу (рис. 2.14).

Усереднений QRS-комплекс оновлюється тільки в тому випадку, якщо поточний комплекс добре з ним корелює. Якщо кореляція достатня, усереднений QRS-комплекс оновлюється на одну шістнадцяту від різниці між поточним і усередненим комплексом. Вибрані межі кореляції гарантують безперервне оновлення усередненого комплексу, а коефіцієнт оновлення в одну шістнадцяту забезпечує хороший збіг усередненого комплексу з поточним нормальним QRS-комплексом.

На виході Функції Віднімання з'являється різницевий сигнал, який проходить через фільтр низьких частот для зменшення рухових артефактів і через фільтр верхніх частот для зменшення коливань ба-

зової лінії. Граничні частоти фільтрів вибрані так, щоб виключити небажане спотворення хвилі Р і шлуночкових екстрасистол, які залишилися незміненими в різницевому сигналі. Обидва фільтри – з кінцевою імпульсною характеристикою, мають постійний і незалежний від сигналу час групової затримки.

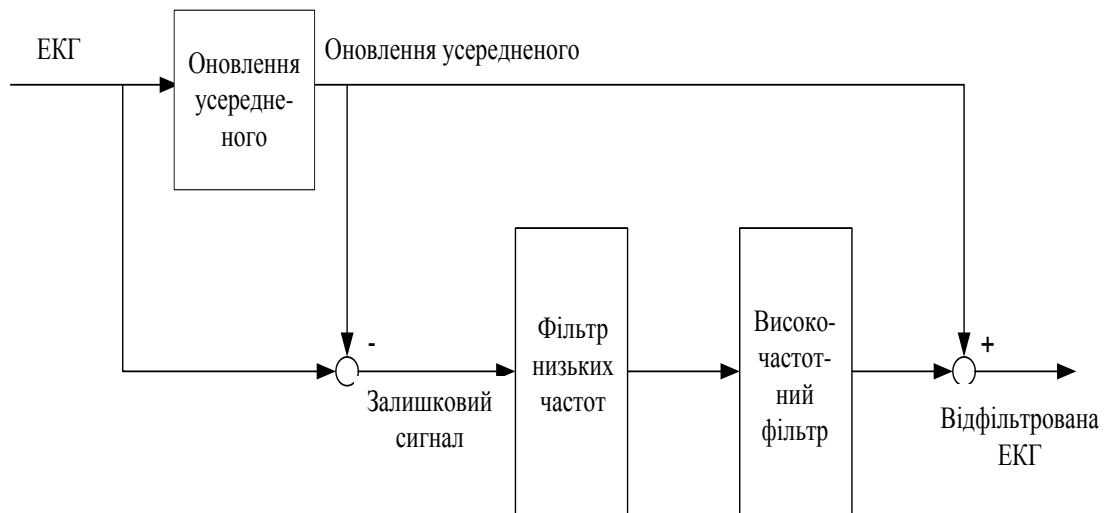


Рис. 2.14. Блок-схема Алгоритму Інтелектуального Перемикання Відведень

Постійний час групової затримки дозволяє додавати усереднений QRS-комплекс точно в те місце, де він віднімається. Хвиля Р при цьому не додається. Якщо усереднений комплекс несформований, фільтри відключаються.

### 2.3. Психологічні методик вивчення емоційної стресостійкості

Існує декілька непрямих методів вивчення емоційної діяльності: асоціативний експеримент, тест Розенцвейга, метод Роршаха, дослідження тривожності, огляд біооб'єкта, бесіда та ін.

Дослідження самооцінки за *Дембо–Рубінштейном*. На прямій, що символізує будь-яку властивість усіх людей (здоров'я, розум, характер, щастя та ін.), пропонують точкою визначити своє місце і дати мовне пояснення; при цьому фіксуються рівень самооцінки, пояснення і особливості емоційних реакцій [45].

*Мінесотський багатфакторний особистісний тест (ММРІ)* являється найбільш достовірною методикою, яка призначена для оцінки впливу тривалого стресу на структуру особистості біооб'єкта [45].

ММРІ складається із 10 основних клінічних шкал, розроблених на базі статистичних даних, які охоплюють широкий діапазон патологічних рис особистості і має чотири шкали валідності.

За допомогою 16 особистісних факторів *тесту Кеттела* [45, с. 66] можна оцінити низку особистісних рис, коли вимірюється шістнадцять функціонально незалежних і психологічно значимих параметрів, які були виділені (і в подальшому затверджені) за допомогою факторного аналізу груп здорових і хворих людей.

Тест 16 РF складається із 16 шкал. В порівнянні з ММРІ 16 РF оснований на меншій кількості статистичних даних, проте він менш складний для обробки і інтерпретації даних.

*Шкала маніфестної тривоги Тейлор (ТАС)* визначає одну рису – тривожність та вимірює, наскільки тривожний пацієнт в цілому, і характеризується слабкою здатністю відображення ситуаційних змін тривоги [45, с. 67].

*Шкала «Тривога як риса чи стан» (СТАІ)* містить дві шкали в одній. Перші 20 пунктів визначають тривогу як психічний стан психологічного функціонування. За допомогою решти 20 пунктів оцінюють тривогу як рису, яку вимірює ТАС. СТАІ пред'являється в повній формі і використовується для визначення тривоги тільки як стану чи тільки як риси [16, ст. 67, 68].

Перелік емоційно фарбованих синонімів (ААСL) використовується для оцінки психічного стану чи риси, що досягається при зберіганні тих самих пунктів за допомогою зміни інструкції. Пацієнт використовує список синонімів для опису того, як він відчуває себе взагалі чи за визначених обставин [45, с. 68].

*Метод автоаналізу свого особистісного стресу Холмса–Раге* «зміни в житті, які здатні викликати стрес» [45, с. 69, 70] представляє собою анкету, яка складається із 43 запитань. Кожне запитання оцінюється в певну кількість балів. Прочитавши кожен пункт, необхідно проаналізувати події, що відбулися з біооб'єктом впродовж поточного року, і підрахувати кількість балів, що відповідають цим стресоген-



ним подіям. Сума в 150 балів відповідає 50 % ймовірності виникнення певної «хвороби стресу»; 300 балів – 90 % ймовірності захворювання. Велика кількість балів – це сигнал до того, що особі загрожує психосоматичне захворювання і слід активно застосовувати адаптативну саморегуляцію стресу.

За *тестом стресостійкості Спілбергера–Ханіна* [45, с. 5–61] визначають рівень ситуативної і особистісної тривожності, згідно з якою необхідно відповісти на запитання, з огляду на те, наскільки ці твердження правильні для досліджуваного. Відповідати слід на всі пункти, навіть якщо це твердження особи взагалі не стосується. Є декілька варіантів відповідей з відповідною кількістю балів: майже завжди – 1; часто – 2; іноді – 3; майже ніколи – 4; ніколи – 5.

Далі слід скласти результати відповідей і з отриманого числа відняти 20 балів. Сума 0–20 балів свідчить про високу стійкість до стресових ситуацій і пливу стресу; 20–50 відповідає середньому рівню стресостійкості, а кількість балів > 50 – низький рівень стресостійкості і біооб'єкт є дуже вразливим для стресу.

Діагностика кардіотипів «А», «Б» і середнього типу «АБ» здійснюється *методом Т. Д. Азарних і І. М. Тіртишнікова* для визначення стресостійкості кардіального типу людей А, який характеризується схильністю до серцево-судинних захворювань, і Б, для якого характерна відсутність такої тенденції [67, с. 5–8, 11].

*Шкала суб'єктивного стресу (SSS)* представляє собою методику, сконструйовану для вимірювання ситуаційних ефектів, які викликані в людини стресом. Шкала складається із 16 описових виразів (ОВ), за допомогою яких пацієнт може описати свої суб'єктивні реакції в стресовій ситуації. Кожному із 14 (ОВ) присвоєний емпірично виведений коефіцієнт, за допомогою якого клініцист визначає показник суб'єктивного стресу [45; 30, с. 69].

*Профіль емоційних станів (POMS)* представляє собою самозаповнювальну анкету, яка вимірює шість визначених типів настрою: напруження – тривога; депресія – засмучення; гнів – ворожість; енергійність – активність; втома – інертність; збентеження – замішання.

POMS дає більш широкий набір показників суб'єктивного визначення стресового стану [67, с. 70, 71].

При оцінці стресової реакції враховується роль індивідуальних особливостей біооб'єктів в проявах стресу. Під час вимірювання психофізіологічної реактивності при стресовій реакції початковий рівень психофізіологічної активності впливає на подальше значення цього ж психофізіологічного параметра. Це і є законом початкових величин *Вілдера*. Для порівняння стресової реактивності в різних індивідуумів проводиться статична корекція, яка показує, що кореляція між початковою активністю і стресовою реактивністю дорівнює нулю. *Венжамін* припустив, що для корекції впливу закону початкових величин необхідно застосувати коваріаційні методи. Конкретні методи вираховування відрізняються в залежності від того, порівнюються групи чи окремі індивідууми [45, с. 70; 67, с. 84].

Формула для корекції закону початкових величин для порівняння різних біооб'єктів – це бал автономної лабільності (БАЛ) [45, с. 70]. БАЛ визначається таким чином:

$$AR\ddot{E} = 50 + 100 \left[ \frac{Y_z - X_z r_{XY}}{(1 - r_{XY}^2)^{0,5}} \right], \quad (2.3)$$

де  $X_z$  – стандартизоване автономне значення функції до стресу;  $Y_z$  – стандартизоване автономне значення функції після стресу і  $r_{XY}$  – кореляція цих величин.

*Стабілометричний моніторинг психічних характеристик.* Метод психостабілометричного тестування динамічних показників людини дозволяє в автоматичному режимі програмно-апаратного комплексу протягом 3–5 хвилин з визначеними валідністю, надійністю і шкалою оцінювати психофункціональний стан учасника виробничого процесу при прийомі в установу і його ступінь відповідності перед кожним робочим днем [68].

Психостабілометричне тестування поділяється на еталонне тестування і повсякденне експрес-тестування.

Еталонне тестування подібне до звичайного психологічного тестування і включає ряд обговорених з замовником методик. В експерименті (2006–2007 рр.) використовували: опитувальник EPQ, опитува-

льник ССП-98 (стильові особливості саморегуляції поведінки) [69], тест на вивчення аналітико-синтетичних здатностей і сенсомоторної координації (субтест «Кубики Коса» тесту Векслера); тест на вивчення спостережливості (субтест «Незавершені картинки» тесту Векслера); тест на мотивацію для досягнення результату (кількість набраних балів при проведенні стабілометричного тесту «Мішень»; стабілометричний тест «Мішень»).

Всі тести в експерименті пред'являлися особою, що досліджується, одним підходом протягом однієї години.

Далі, застосовуючи розроблений спосіб оцінки психічних характеристик на основі функціонального стану людини, з визначеною статистичною ймовірністю вираховуються психостабілометричні шкали для відповідних шкал тестових показників.

В результаті еталонного тестування 56 юнаків і дівчат (студентів) отримано 12 психостабілометричних шкал. На кожній зі шкал кожен із 56 тестованих займав визначений ранг, якому відповідав ступінь прояву психічної характеристики в еталонному тестуванні.

Експрес-тестування пропонує 3–5 хвилинне стабілометричне тестування з вираховуванням відносно психостабілометричних еталонних шкал профілю психічних характеристик людини і порівнянням його з попереднім психостабілометричним профілем.

Експрес психостабілометричне тестування було проведене через рік після проведення еталонного тестування. В експерименті брали участь 20 юнаків та дівчат, які входили до еталонної вибірки осіб, що досліджувалися.

На основі стабілометричних параметрів для цих 20 чоловік були вираховані ранги по всіх 12 еталонних психостабілометричних шкалах і складені порівняльні графіки і гістограми еталонного і повторно (експрес) обстежень.

Таким чином, запропонований метод, який дозволяє в режимі експрес психостабілометричного обстеження діагностувати психічні стани людини і, відповідно, на основі об'єктивних даних здійснювати моніторинг психічного здоров'я учасників виробничого процесу.

Психостабілометричний комплекс моніторингу виробничого процесу можна представити у вигляді локальної мережі, до якої під'єднані ПК менеджери по персоналу і ПК служби безпеки на прохідній з підключеними до них психоаналізаторами.

Програмний модуль психостабілометричного комплексу в автоматичному режимі вводить учасників виробничого процесу в еталонну вибірку в результаті еталонного психологічного і психостабілометричного дослідження. В режимі експрес-діагностування на прохідній установи результати порівняння еталонного і експрес-діагностування в автоматичному режимі фіксуються в ПК співробітників служби безпеки і менеджера по персоналу установи. Адміністрація установи на основі рекомендацій, які супроводжують результати порівняння, відповідним чином коректують хід виробничого процесу.

Перед кожним робочим днем учасник виробничого процесу активує своє прізвище в психостабілоаналізаторі. Далі він входить в кабінку, стає на стабілоплатформу, бере в руки пульт дистанційного управління з трьома кнопками і у положенні рук, що провисають, натискає послідовно кожну з них. Натиснення першої підтверджує його ідентифікацію, натисненням другої здійснюється центрування приладу відносно центра тиску тіла особи, яка досліджується, на площину опори, натисненням третьої клавіші здійснюється запис результату тестування.

На початку кожного робочого дня адміністрація установи отримує журнал психофункціонального стану учасників виробничого процесу.

Отже, «простий» і зрозумілий інструментальний метод моніторингу психічного здоров'я, який одночасно здійснює аутентифікацію учасника і оцінює ступінь відповідності його психофункціонального стану до того, який був характерний під час еталонного тестування. Психостабілометричний моніторинг, як елемент управління психічним здоров'ям учасників виробничого процесу, дозволить своєчасно коректувати негативні тенденції в їх психічному здоров'ї.

### 2.3. Типологія захисних механізмів психічної адаптації

Виникнення психосоматичних захворювань безпосередньо пов'язане із захисними механізмами особистості [70, с. 25]. Одним з найважливіших показників їх ефективності є характер прояву поведінкових реакцій, обумовлених психологічним і особистісним змістом [71]. Цілий ряд характеристик особистості та поведінкових реакцій з самого початку впливають на процес адаптації [72, 73].

Теоретичний аналіз психологічних адаптаційних механізмів особистості виявив надзвичайну їх різноманітність: від активних, гнучких і конструктивних, до пасивних, ригідних і дезадаптивних.

Мета ряду проведених досліджень полягала у виявленні психічних адаптаційних механізмів, які виникають у біооб'єкта в умовах психологічної напруги, та встановленні особливостей зв'язку цих механізмів з актуальним психічним станом особистості з метою запобігання прояву подальших психічних розладів. Існують чіткі взаємозв'язки між механізмами психологічного захисту, вродженою схильністю до психічного захворювання, домінуючими емоціями і характерологічними особливостями. Адаптація, згідно з *Г. Гартманом*, включає процеси, пов'язані із конфліктними ситуаціями, і ті процеси, які входять у вільну від конфліктів сферу Я [74, с. 10].

Психологічний захист [75] – це спеціальна система стабілізації особистості, яка спрямована на зняття психологічного переживання, поєднаного з внутрішнім і зовнішнім конфліктами та формується у процесі онтогенезу особистості, у міру її розвитку. Він обумовлений психічними функціями, які регулюють інтерперсональну взаємодію людини з іншими людьми [77].

Згідно з класифікацією особистостей *М. Келлермана* і *Р. Плутчика* [76, 77] існує декілька базових вроджених схильностей до психічних захворювань, названих ними диспозиціями, кожна з яких пов'язана з певною емоцією, що продукує певний захисний механізм. Вроджена схильність до психопатології під дією механізмів психологічного захисту та домінуючими емоціями формує характерологічні особливості особистості.

За характером фрустраторів, проти яких спрямовані захисні механізми, їх поділяють:

1) захисні механізми, спрямовані проти зовнішніх фрустраторів [73, с. 125–126];

2) захисні механізми, спрямовані проти внутрішніх фрустраторів [73, с. 127; 78].

*А. Фройд* [73, с. 127] запропонувала вважати захисними такі примітивні «психодинамічні» механізми, що направлені проти внутрішніх фрустраторів: 1. Витіснення (подавлення). 2. Регресія. 3. Утворення реакції. 4. Ізоляція [73, с. 160; 79]. 5. Заперечення (анулювання) дії, що відбулася. 6. Проекція. 7. Інтроекція. 8. Звернення на власну особистість. 9. Перетворення на свою протилежність. 10. Сублимація [79, с. 52].

Механізми, направлені проти зовнішніх фрустраторів [73, с. 127-128; 80]: 11. Втеча (відхід) від ситуації. 12. Заперечення. 13. Ідентифікація. 14. Обмеження Я. 15. Раціоналізація. 16. Фантазія. 17. Конверсія. 18. Символізація. 19. Переміщення.

У Діагностичному та статистичному керівництві з душевних хвороб (DSM-IV), оприлюдненому Американською асоціацією психіатрів (1994), орієнтовна категоризація захисних механізмів базується на ієрархічному розподілові *Вейланта*.

Автори класифікують захисні механізми за трьома показниками [72] (рис. 2.15):

1) захисти, які опосередковують сприйняття інформації – «природні» – блокування інформації, несвідоме виключення її зі сфери свідомого;

2) захисти, які опосередковують різноманітні форми викривлення (трансформації) інформації – «інтегративні» – пов'язані з несвідомою оцінкою змісту небажаної для психіки інформації, її змінами, неадекватністю оцінки;

3) захисти, що базуються на первинних примітивних формах психічних проявлень – «ретрозахисти» – використовують механізми, які виникли в дитинстві, практично без змін.

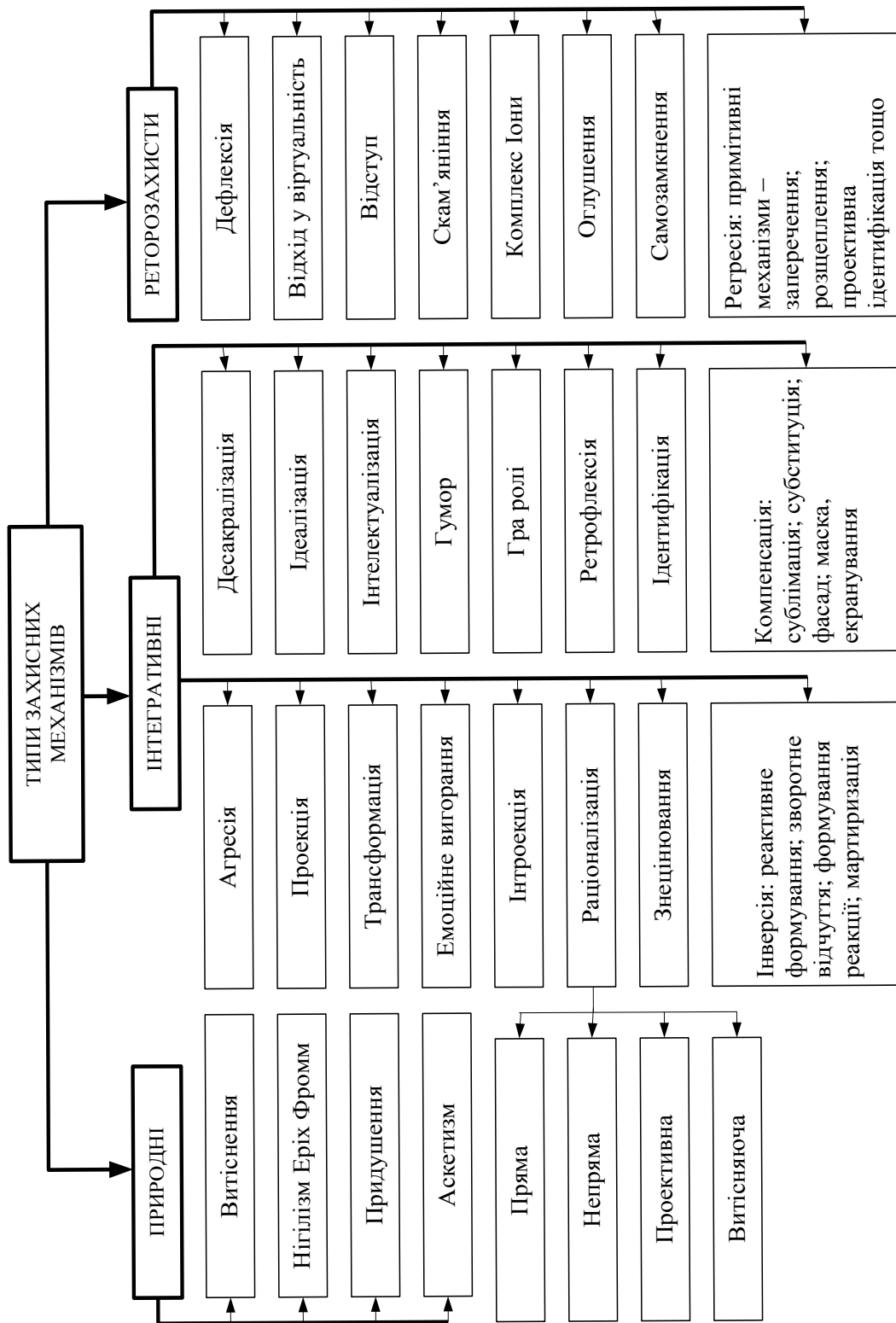


Рис. 2.15. Типи захисних механізмів особистості

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ

#### 3.1. Метод визначення рівня емоційного стресу

Відомо, що характер особистості та сприйняття нею стрес-факторів багато в чому залежить від соціально та біологічно обумовлених підструктур, виховання, навчання, статі, віку тощо [80, с. 36].

Представлена структура особистості не враховує, на наш погляд, декілька важливих чинників, без яких оцінити реальний вплив стресу на особистість неможливо. Перш за все, це фізіологічно-обумовлена підструктура, що складається із показників діяльності серцево-судинної, центральної та периферичної нервових систем, вегетативної системи та інших життєво важливих і залежних від впливу емоційного стресу фізіологічних систем. Другим чинником є адаптаційні можливості та загальна фізична тренованість особистості.

З точки зору психіки, рівень адаптивності особистості залежить від рівня тривоги, посилення якої призводить до підвищення інтенсивності дії двох взаємопов'язаних адаптаційних механізмів [81, с. 67–70]: алопсихічного, коли відбувається модифікація поведінкової активності та інтрапсихічного, який забезпечує редукцію тривоги завдяки переорієнтації особистості. В такій ситуації тривогу можна розглядати як облігаторний механізм емоційного стресу, яка активізує адаптаційні механізми.

Підвищення рівня тривоги обумовлює інтенсивність дії інтрапсихічної адаптації, що сприяє ефективній психічній адаптації, забезпечуючи редукцію тривоги, а в разі їх неадекватності знаходить своє відображення в типі адаптаційних порушень.

З фізіологічної точки зору, адаптивність особистості це властивість, яка дозволяє організму самооптимізувати свою поведінку і стан в умовах впливу випадкових факторів різного походження. Таке визначення базується на біологічному підході, який забезпечує зовнішню і внутрішню адаптацію, коли однією із обов'язкових умов виживання особистості (в загальному випадку – біологічного об'єкта) є наявність особливих властивостей і фізіологічних механізмів, що



забезпечують її пристосування до зміни багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів [81, с. 61–74].

Особливості і труднощі вивчення адаптаційного процесу в людини пов'язані із двома обставинами. Одна визначається тим, що в процесі формування адаптації людина ставить дві мети – пристосуватися до умов навколишнього середовища, і одночасно пристосуватися до діяльності, особливо робочої та соціальної, при наявності таких природних умов [82]. Друга умова обумовлена можливістю людини, яка в тій чи іншій мірі завжди реалізовується в усіх адаптаційних процесах, – включати в них психологічні механізми, які забезпечують пошук оптимальної стратегії адаптації і реалізацію вибраної стратегії у вигляді різних форм поведінки. Стратегія протистояння адаптогенному фактору базується на співставленні фізіологічних і біохімічних можливостей організму, а також психологічних, які доповнюють або компенсують фізіологічні реакції адаптації чи створюють умови, на фоні яких фізіологічні реакції можуть оптимальним чином розкритися. Таке поєднання приводить до того, що адаптаційна стратегія завжди індивідуальна, що заважає процесу дослідження і управління адаптацією [82, 83].

В роботі [80] розглядається можливість дослідження і оцінювання адаптаційного процесу людини-оператора на основі моделювання адаптаційних стратегій. Традиційні методи дослідження адаптаційних характеристик людини дозволяють оцінити динаміку окремих параметрів організму і в умовах впливу великого числа неврахованих факторів, варіабельності параметрів в «нормі», невисокої точності неінвазивних методик, дають достовірний результат лише при значних грубих відхиленнях. Врахувати характер і тенденцію зміни стану організму не вдається або уявляється можливим тільки на рівні вербальних якісних висновків.

Для отримання кількісних характеристик процесу адаптації введені ентропійні показники стану біосистеми [83], які дозволяють оцінювати не абсолютні значення фізіологічних чи інших характеристик стану організму, а тенденцію їх змін під впливом зовнішніх факторів чи умов.

Будь-який інтегральний критерій підсумовує всі локальні показники в часовій, просторовій чи ситуаційній областях. Локальні оцінки – це будь-які кількісні оцінки, що робляться на основі однократних вимірювань в одній точці якогось моменту часу, точки в геометричному просторі чи точки в просторі станів [82].

Цей критерій дозволяє оцінювати зміни стану біосистеми в будь-який момент часу і має вигляд [84]:

$$I_{адант} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln \frac{1}{P(x_j)},$$

де  $n$  – кількість врахованих змінних стану;  $P(x_j)$  - ймовірність відхилення змінної  $x_j$  від стану «переваги».

У випадку оцінки психофізіологічного стану людини-оператора в якості стану «переваги» для кожної людини приймається так звана «індивідуальна норма». Значення ймовірності розраховується за такою формулою [45]:

$$P(x) = P(|x - \bar{x}| < \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma}\right) - 1,$$

де  $\bar{x}$  – середнє значення ознаки  $x$  за досліджуваний період часу;  $\delta$  – величина допустимого відхилення від «норми»;  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення ознаки  $x$ ;  $\Phi$  – функція Лапласа.

Застосування інтегрального критерію для оцінки психофізіологічного стану передбачає існування порогових значень, перевищення яких відповідає переходу на другий рівень функціонування організму.

В процесі біологічних досліджень живих систем увага дослідників акцентується на постійному обміні інформацією не тільки між макросистемою і зовнішнім середовищем, а й на неперервній адаптації окремих органів і підсистем цілісного організму один до одного. Такою властивістю (внутрішньою адаптацією) і пояснюється висока функціональна надійність біологічних об'єктів [85, с. 60–61], яку пропо-

нується розглядати як комплексну взаємодію психічної і фізіологічної компонент [86, с. 88].

Тоді психофізіологічну надійність біооб'єкта можна визначати як властивості об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи протягом певного часу показники життєдіяльності і функціональної здатності в межах діапазону адаптивної норми при дії зовнішніх та внутрішніх впливів. Це дозволяє вважати психофізіологічну надійність об'єктивною характеристикою біооб'єкта, що відображає притаманні йому властивості та характеризує їх збереження впродовж відповідного часового інтервалу.

До показників психофізіологічної надійності можна віднести функціональну надійність і надійність системи «людина–техніка», коефіцієнт оперативної готовності тощо.

Існує достатня кількість структур особистості, але практично всі вони не враховують взаємодію психічної і фізіологічної складових здоров'я людини, які є найбільш чутливими до впливу психоемоційного стресу [80, с. 36–38].

На рис. 3.1 показана вдосконалена модель взаємодії особистості і психоемоційного стресу, метою якої було визначення характеристик або показників фізіологічної та психічної компоненти здоров'я людини, враховуючи адаптаційні індивідуальні можливості і рівень фізичної тренуваності особистості, які дозволять кількісно і якісно оцінити як безпосередньо рівень стресу, так і рівень його впливу на функціональний стан людини.

Для цього розглянемо більш детально природу і механізми виникнення емоцій, їх класифікацію та вплив на виникнення і розвиток психоемоційного стресу.

Теорія функціональної системи *П. К. Анохіна* полягає в тому, що емоції є компонентом усіх стадій організації поведінки людини різного ступеня складності і цілеспрямованості. Вираженість емоцій у кожного індивідуальна і залежить від біологічного і соціального значення вчинку, ступеня його автоматизму (усвідомлення-неусвідомлення і навичок), наявності перешкод для досягнення мети та ін.

Виникненню будь-якої потреби завжди передують емоція незадоволення, що посилюється при кожній невдалій спробі задоволення потреби, якщо результат вчинку не досяг поставленої мети [87, с. 14–17].

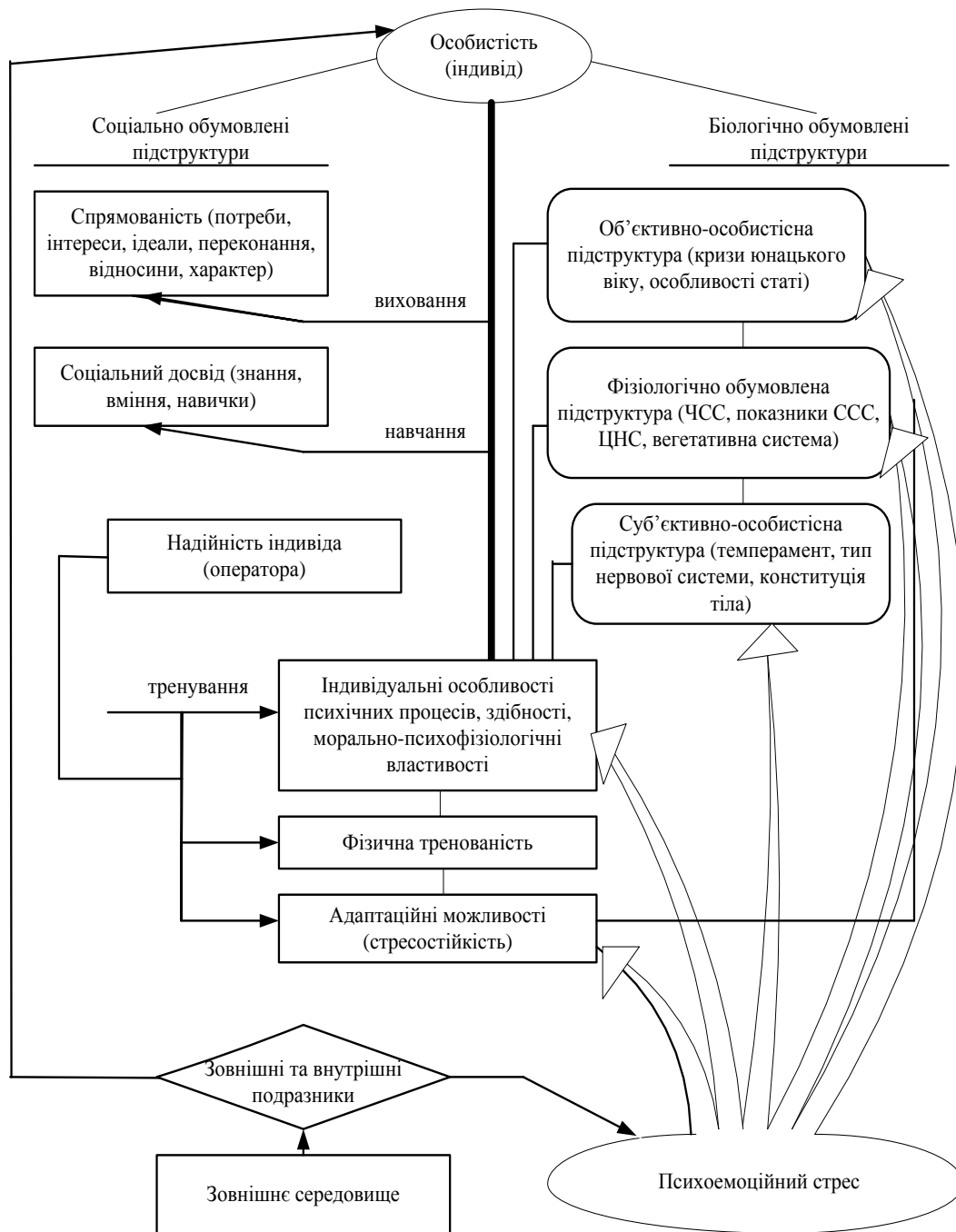


Рис. 3.1. Модель взаємодії особистості і психоемоційного стресу

Біологічне значення негативних емоцій полягає в спонуканні організму до подолання перешкод, що заважають задоволенню потреб. Останнє, в свою чергу, сприяє виникненню позитивних емоцій (задо-

волення, радості та ін.), які дозволяють організмові оцінювати рівень задоволення потреб і пов'язані з механізмами сенсорного насичення.

Інформаційна теорія *П. В. Симонова* виходить з того, що емоційний стан організму зумовлюється негативними емоціями, які супроводжують вихідні потреби організму, та можливістю прогнозування позитивних емоцій при задоволенні цих потреб. Протягом навчання і багаторазового задоволення однотипних потреб людина набуває здатності для досягнення мети, керується негативними та позитивними емоціями, які очікуються при задоволенні потреб, тобто досвід дозволяє передбачити позитивні емоції [88, с. 12–16].

Стресові стани виникають у важких ситуаціях, при фізичних і розумових перевантаженнях, необхідності приймати швидкі і відповідальні рішення, які властиві для різноманітних сфер людської діяльності: трудової, навчальної, ігрової, спортивної, у взаємостосунках між людьми, у різних моральних конфліктних ситуаціях, коли стреси призводять до фізичних змін і порушень поведінки.

Фізіологічні зміни при стресах: прискорення серцебиття і дихання, підвищення артеріального тиску. При сильному стресі змінюється поведінка у вигляді загальної реакції збудження різного ступеня вираженості; дезорганізації поведінки; неупорядкованих і некоординованих рухах; незв'язній мові; спостерігаються розгубленість, важкість перемикавання уваги. Виникає загальна загальмованість, пасивність, зміни у поведінці, з'являються помилки сприйняття, пам'яті, уваги, мислення. Це – адаптований захист організму від надмірних подразників [88, с. 14–19].

При виборі параметрів для оцінки рівня стресу і його впливу на функціональний стан людини необхідно враховувати, на наш погляд, і можливі розлади емоцій, які проявляються в ослабленні одних і посиленні інших, а також збоченнях.

Вже перший погляд на структуру розладу емоцій говорить про те, що їх абсолютна більшість посилює негативний характер і тільки ейфорію можна розглядати як позитивний розлад. Це дозволяє оптимізувати перелік характеристик, що підлягають контролю і подальшому обробленню.

### 3.1.1. Обґрунтування вибору психофізіологічних показників організму людини для діагностування стресу

Як вже відзначалося, особливістю пропонованого методу є використання психологічних і фізіологічних показників життєдіяльності людини, що в кінцевому результаті направлено на підвищення достовірності визначення рівня емоційного стресу.

Однією із умов цього методу, або одним із обмежень, є необхідність використання з одного боку, мінімальної кількості показників, а з іншого – їх чисельність повинна відповідати критеріям функціональності та інформаційної повноти.

Ще одним обмеженням при виборі показників слід вважати такий їх вибір, при якому можна було б визначати взаємкореляцію по декількох складових емоційного стресу.

Виходячи із вище зазначеного, в якості психічних показників, отриманих за результатами тестування, були визначені такі.

1. Методика визначення стресостійкості і соціальної адаптації *Холмса і Раге* [75, 84], відповідно до якої, кількість балів, отриманих при відповідях обстежуваного на питання опитувальника, характеризує ступінь опору стресу таким чином:

кількість балів      ступінь опору стресу

- а) 150–199      –      високий;
- б) 200–299      –      пороговий;
- в) 300 і більше      –      низький (означає реальну небезпеку).

2. Методика експрес-діагностики властивостей нервової системи за психомоторними показниками *Є. П. Ільїна* [75] (теппінг-тест).

Мета теппінг-тесту полягає в тому, що обстежуваний в безперервному режимі за допомогою відповідного сенсора, повинен проставити максимальну кількість точок за 10 с. в 4-х прямокутниках розміром 6×10 см. При цьому з типу (частоти) темпу встановлюється його відповідність стану нервової системи:

тип темпу      стан нервової системи

- а) випуклий      –      сильна нервова система  
(70 і більше точок);
- б) рівний      –      нервова система середньої сили  
(50–69 точок);

- в) спадний – слабка нервова система (40–49точок);
- г) проміжний – середньо-слабка нервова система (30–39 точок);
- д) ввігнутий – середньо-слабка нервова система (менше 30 точок).

3. Методика диференційної діагностики депресивних станів В. А. Жмурова [75], яка за результатами тесту класифікує депресивний стан тиким чином:

- депресія відсутня або незначна (апатія);
- депресія мінімальна (гіпотимія, поганий настрій);
- легка депресія (дисфорія);
- помірна депресія (розгубленість);
- виражена депресія (тривога);
- глибока депресія (страх).

Для адекватного визначення фізіологічних показників, представимо емоційний стрес у вигляді хвилі [88] (рис. 3.2).

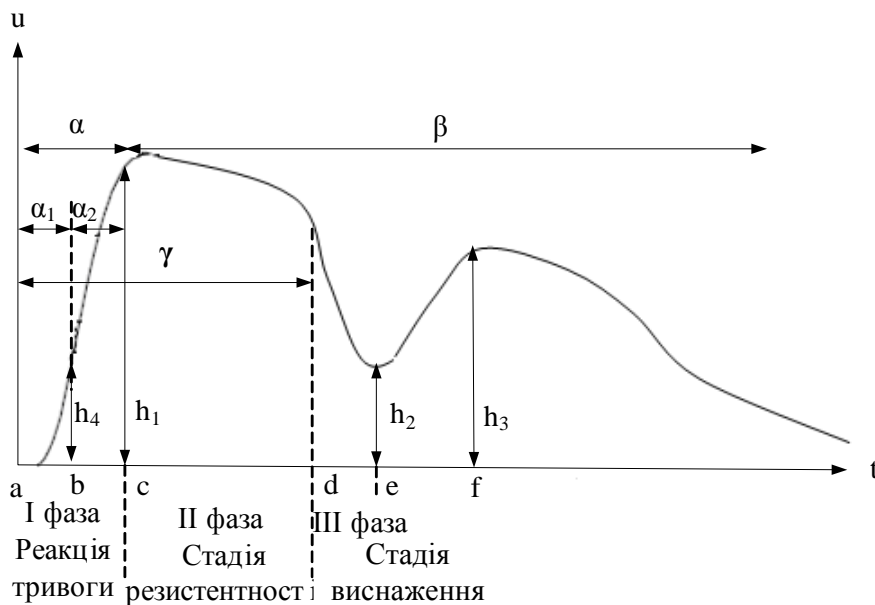


Рис. 3.2. Хвиля емоційного стресу

Введемо такі позначення:

Відхилення кривої в будь-якій її точці на абсцисі  $x$  і в момент часу  $t$  позначимо через  $u$ .

Запишемо первинні характеристики стресової хвилі:

$T$  – тривалість циклу стресу;

$\alpha$  (a – c) – тривалість висхідної частини хвилі (I фаза) – відображає реакцію тривоги. Залежить від особливостей та функціонального стану організму людини. Із подальшою повторюваністю емоційного напруження, збільшенням його інтенсивності та тривалості спостерігається зменшення цього інтервалу;

$\alpha_1$  – тривалість швидкого збудження (шок)– залежить безпосередньо від фізіологічних особливостей організму біооб'єкта;

$\alpha_2$  – тривалість повільного збудження (протишок);

$\beta$  – тривалість всієї фази напруження – характеризує здатність людської адаптації;

$\gamma$  – період опору, протистояння емоційному навантаженню;

$h_1$  – максимальна амплітуда хвилі, є показником найвищої величини психологічного стресу;

$h_2$  – амплітуда хвилі завершення першого та початок наступного циклу впливу емоційного навантаження;

$h_3$  – амплітуда хвилі стресу на рівні повторного збудження;

$h_4$  – амплітуда хвилі на рівні шоку та протишоку.

Вторинні характеристики хвилі:

$\frac{\alpha}{T}$  – питомий час висхідної частини хвилі, дає відомості про стресостійкість біооб'єкта до несприятливих факторів;

$\frac{h_2}{h_1}$  – індекс стресу – відображає відношення амплітуди мінімального значення хвилі другого циклу до максимальної амплітуди першого;

$\frac{h_3}{h_1}$  – індекс стресу, який відображає рівень витрачення адаптаційних резервів організму біооб'єкта та його стресостійкість при подальшому емоційному навантаженні;

$\frac{\alpha_1}{\alpha_2}, \frac{h_4}{h_1}$  – часовий та амплітудний показники стресостійкості;



$\frac{h_4}{\alpha_1}$  – значення максимальної швидкості виникнення шоку. Характеризує швидкість розвитку шоку.

$\frac{h_1 - h_4}{\alpha_2}$  – характеризує швидкість протікання стану протишоку;

$\frac{h_1}{\alpha}$  – показник швидкості реакції тривоги.

Такий підхід дозволяє визначити тривалість інтервалу стресу, тривалість кожної окремої фази, показати рівень стресостійкості, його часові та амплітудні показники, адаптаційні можливості організму людини.

Порівнюючи форму хвилі емоційного стресу (див. рис. 3.2) і форму нормальної тетраполярної реограми [89] (рис. 3.3), не важко побачити, що ці криві практично збігаються одна з одною за формою і показниками, що характеризують її стан.

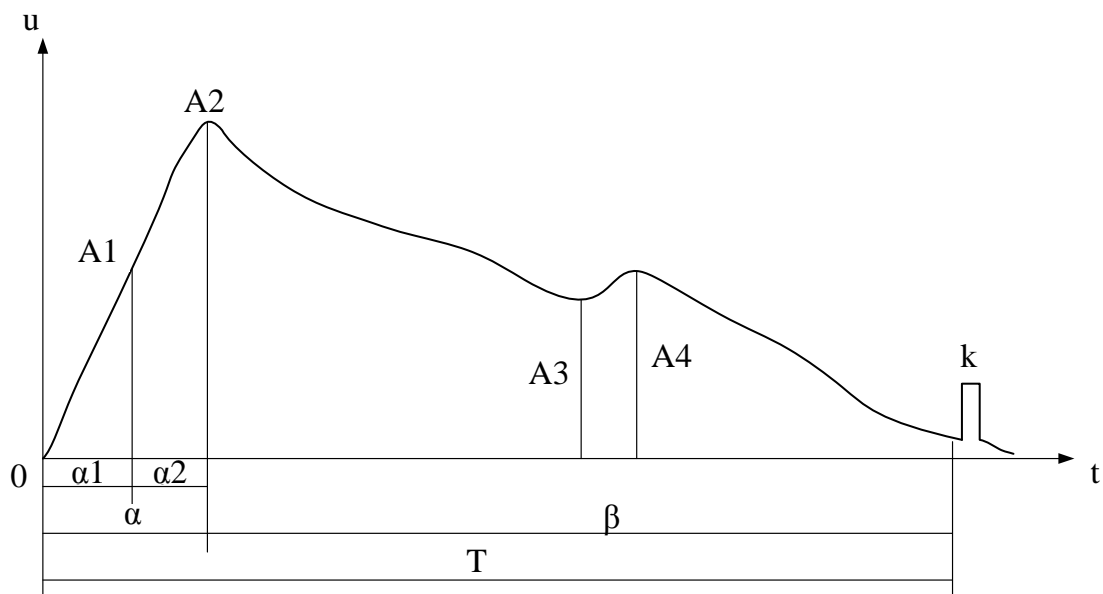


Рис. 3.3. Нормальна реограма

Така подібність дозволила висунути гіпотезу про те, що для оцінювання рівня емоційного стресу можна використовувати тетраполярну реограму, ввівши нормуючі коефіцієнти в її параметри, які були отримані в роботі експериментальним шляхом.

Складемо таблицю відповідності параметрів хвилі стресу та аналогічним їм параметрів тетраполярної реограми (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Таблиця відповідності параметрів**

Показники	
Хвиля стресу	Реограма
$\alpha_1$	$\alpha_1$
$\alpha_2$	$\alpha_2$
$\alpha$	$\alpha$
$\beta$	$\beta$
$T$	$T$
$h_1$	$A_2$
$h_2$	$A_3$
$h_3$	$A_4$
$h_4$	$A_1$

Введемо такі позначення:

- $Ps = \frac{\alpha}{T}$  – показник стресостійкості людини до впливу несприятливих факторів;
- $Ic = \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_3}{A_2}$  – індекс стресу;
- $Ica = \frac{h_3}{h_1} = \frac{A_4}{A_2}$  – індекс стресу, який відображає витрати адаптаційних резервів людини;
- $Ic\phi = Ic - Ica$  – фактичний індекс стресу;
- $t = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$  – часовий показник стресостійкості;
- $A_0 = \frac{h_4}{h_1} = \frac{A_1}{A_2}$  – амплітудний показник стресостійкості;
- $V_{uu} = \frac{h_4}{\alpha_1} = \frac{A_1}{\alpha_1}$  – показник швидкості розвитку (початку) шоку;

- $W_{uu} = \frac{h_1 - h_4}{\alpha_2} = \frac{A_2 - A_1}{\alpha_2}$  – показник швидкості протікання шоку;
- $R = \frac{h_1}{\alpha} = \frac{A_2}{\alpha}$  – показник швидкості реакції тривоги.

Необхідно відзначити, що для більш точного визначення значень  $A_1$  і  $A_2$  на реограмі має сенс проводити її аналіз у сукупності із диференційною реограмою.

Аналіз тетраполярної реограми, як і інших фізіологічних кривих, що характеризують діяльність серцево-судинної системи, можна виконувати за допомогою, так званої, кардіологічної системи, яка складається з підсистем, кожна з яких є сукупністю функціонально-взаємозалежних елементів, що реалізують певну операцію [89]. Структурна схема такої системи показана на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Структурна схема кардіологічної системи

Одним із перспективних методів оцінки стану центральної нервової системи, що не потребує значних витрат, є дослідження електричного опору шкіри. Під дією больових відчуттів, нервово-психічного напруження, різних аферентних подразників (звук, світло) спостерігаються різкі зміни в електричному опорі шкіри, що супроводжуються

появою швидких коливань, які отримали назву шкірно-гальванічної реакції (ШГР). ШГР є вельми точним показником сенсорного і розумового збудження, що і дозволило визначити його для оцінювання рівня емоційного стресу. Іноді, в літературі можна зустріти дещо інші терміни, що характеризують цей процес, такі як шкірно-гальванічний опір (ШГО), електрична активність шкіри (ЕАШ), але в нашій роботі використовується саме ШГР. ШГР має дві складові – тонічну і фазичну, яка найчастіше використовується для оцінювання психічних процесів за амплітудою і латентним періодом. Форма фазичної складової (рис. 3.5) дає можливість врахувати такі діагностично-цінні показники, як час наростання і час спаду реакції.

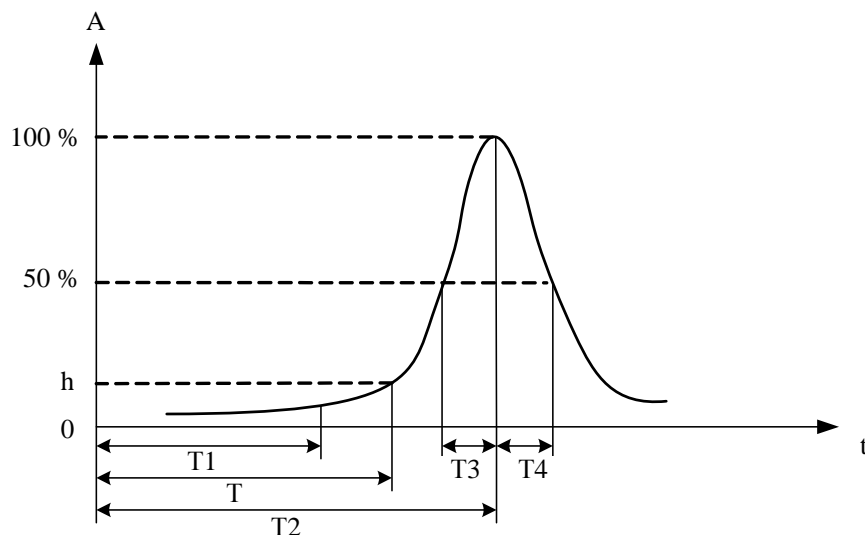


Рис. 3.5. Фазична складова сигналу ШГР

Із рисунка 3.5 видно, що сигнал ШГР оцінюється такими параметрами:

- $T = 1,5 - 3$  (с) – латентний період (від моменту подачі подразника до моменту появи реакції);
- $T_2 = 3 - 6$  (с) – період від моменту подачі подразника до максимальної амплітуди сигналу;
- $T_3 = 0,5 - 1,5$  (с) – період наростання реакції від 50 % до 100 % амплітуди сигналу;

- $T_4 = T_2 - 2 \cdot T_3$  (с) – латентний період  $T$  (виміряний непрямым шляхом);
- $A$  – амплітуда сигналу в мВ або %;
- $h$  – поріг появи реакції (визначення латентного періоду реєстрації реакції).

Визначимо основні характеристики і параметри ЕМГ, які необхідно визначати або враховувати для оцінювання рівня психоемоційного стресу.

Латентний час напруження (ЛЧН) – час від подачі стимулу або подразника до появи реакції м'язу.

Латентний час розслаблення (ЛЧР) – час від максимального напруження м'язу до його повного розслаблення.

Рівняння балансу енергії [10]:

$$E = F \Delta l + a \Delta l = \Delta l (F + a), \quad (3.1)$$

де  $F \Delta l$  – механічна робота;  $a \Delta l$  – тепловиділення.

Рівняння потужності [10]:

$$\frac{dE}{dt} = (F + a) \frac{d(\Delta l)}{dt} = V (F + a), \quad (3.2)$$

де  $V$  – середня швидкість скорочення м'яза.

Однією із основних характеристик м'язової системи при аналізі психоемоційного стресу є потужність м'яза. Експериментально встановлено, що потужність м'яза пропорційна до його навантаження:

$$\frac{dE}{dt} = b (F_{\max} + F), \quad (3.3)$$

де  $F_{\max}$  – сила, яку розвиває м'яз при максимальному навантаженні;  
 $F$  – сила навантаження.

Співтавивши наведені рівняння, отримаємо рівняння Хілла [10]:

$$V(F + a) = b(F_{\max} + F), \quad (3.4)$$

$$(F + a)(V + b) = b(F_{\max} + a) = \text{const}. \quad (3.5)$$

Безпосередньо по зареєстрованій електроміограмі визначаються: М-хвиля (або М-відгук); Н-хвиля (або Н-відгук); відношення

$$\frac{M_{\max}}{M_{\min}} \cdot 100 \%$$

На жаль, використання тетраполярної реограми для оцінювання рівня стресу, накладає суттєві обмеження на оперативний контроль за його рівнем у операторів різного профілю під час виконання ними професійних обов'язків.

З метою усунення вищезазначених обмежень, для оцінювання рівня психоемоційного стресу в умовах професійної діяльності, пропонується використовувати пульсову хвилю, форма якої адекватна формі тетраполярної реограми і хвилі психоемоційного стресу. Характер пульсової хвилі залежить від систолічного викиду, інтенсивності кровотоку, в'язкості крові, стану судинних стінок та інших чинників.

В той же час, використання фотоплетизмограми замість тетраполярної реограми, дозволяє проводити локальні дослідження периферійного кровотоку, визначати зміни стану судин вздовж їх русла, виключає електричний контакт пацієнта з апаратурою і вплив зондуючого струму на організм людини.

Обов'язковим елементом процесу оцінювання рівня психоемоційного стресу є підсумкова бесіда, метою якої є отримання додаткової інформації, здатної вплинути на прийняття остаточного рішення. Перед початком бесіди бажано виділити основні питання, що потребують уточнень або пояснень, відповіді на які здатні впливати на остаточне рішення, спланувати хід бесіди таким чином, щоб виключити можливі непорозуміння в її процесі, вибрати оптимальний час проведення бесіди, зручний для обох сторін; вибрати місце проведення бесіди, що сприяє довірі і вільному спілкуванню.

Під час проведення бесіди особливу увагу звертають на поведінку кандидата, його збудженість, міміку, рухливу активність, дезорганізацію поведінки, розгубленість, появу помилок сприйняття, важкість переключення уваги тощо.

Відтворення такого підходу можна знайти в [90, с. 45], де показано, що загальна впевненість у відношенні кандидата до класу емоційної напруги за системою психічних та фізіологічних ознак визначається таким виразом:  $K_{EH}^0 = K_{EH}^D + K_{EH}^S (1 - K_{EH}^0)$ .

Перевірка результатів класифікації на контрольних вибірках показала, що на одночасному використанні ознак психічного і фізіологічного типів, впевненість в діагностиці по всіх класах досягає рівня 0,95. Доповнює зміст і сутність методу визначення рівня емоційного стресу, як інтегрального показника здоров'я людини структурна модель визначення напрямку і розвитку стресу (рис. 3.6).

Новизна цієї структурної моделі полягає в тому, що вона вперше конкретизує позитивний і негативний напрямки розвитку стресу, етапи його протікання і критерії оцінки рівня стресу на кожному з етапів.

Таким чином, запропонований метод визначення рівня емоційного стресу забезпечує, з урахуванням існуючих обмежень, визначення тих показників, що характеризують рівень і динаміку розвитку психоемоційного стресу (табл. 3.2).

Повертаючись до моделі (див. рис. 3.1), слід відзначити, що найбільший вплив психоемоційний стрес здійснює на біологічно обумовлену підструктуру, і перш за все – на її фізіологічну компоненту. Ззовні це проявляється у появі серцебиття, підвищенні артеріального тиску, зміні параметрів електрокардіограми та електроенцефалограми, шкірно-гальванічної реакції, зміни температури тіла та появі фізіологічного тремору. Відбуваються суттєві зміни в плинні психічних процесів, що призводять до появи роздратованості, агресії, неадекватності прийняття рішень, розладу емоцій, порушення якості професійної працездатності, зниження уваги тощо. Ступінь впливу емоційного стресу на адаптаційні можливості особистості залежить від рівня її адаптивності або психоемоційної стійкості, фізичної тренуваності, здатності витримувати високі психологічні навантаження на фоні несприятливих зовнішніх факторів.

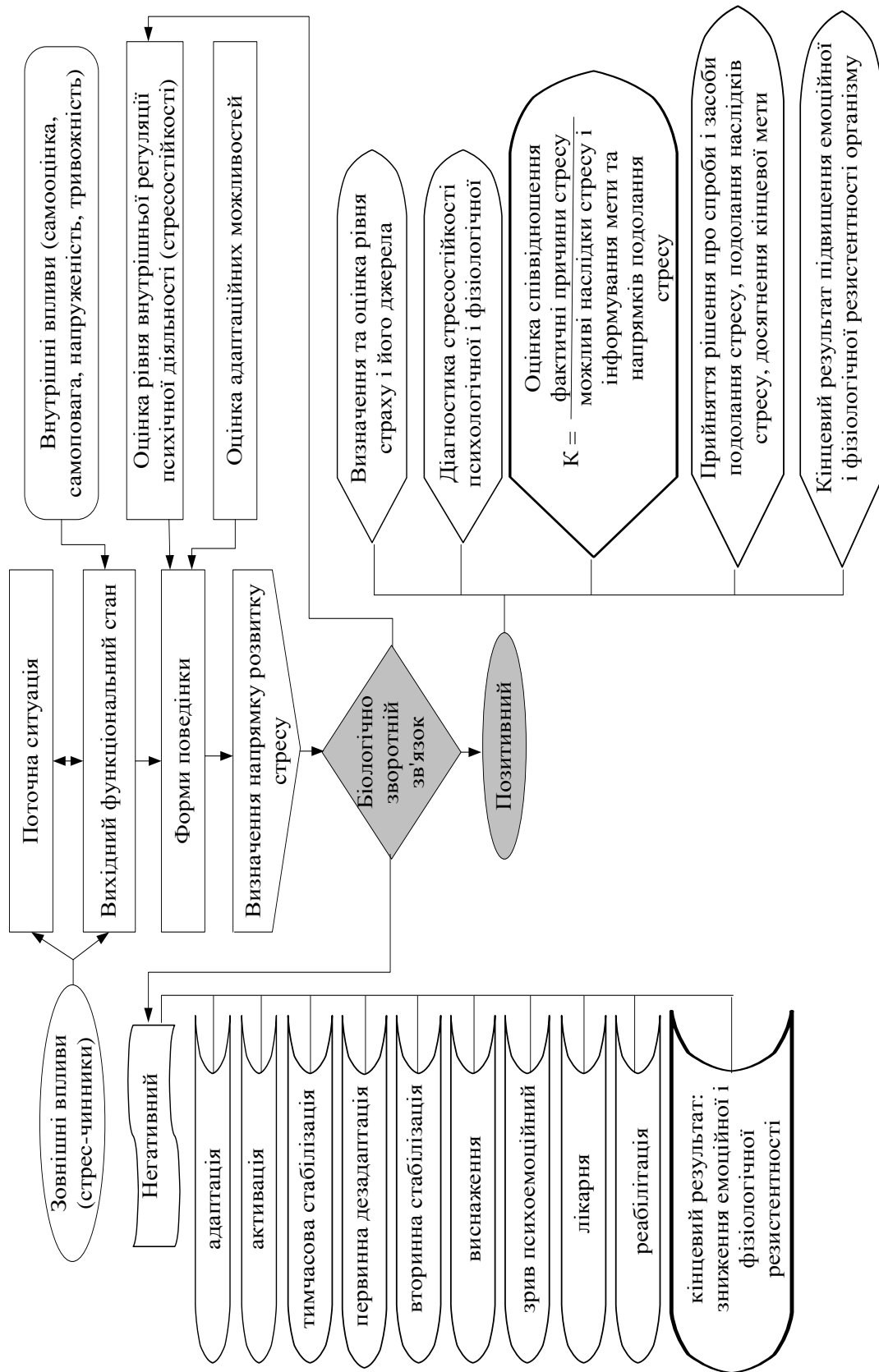


Рис. 3.6. Модель визначення напрямку і розвитку стресу



Таблиця 3.2

## Характеристика рівня та динаміки розвитку емоційного стресу

Показник рівня психо-емоційного стресу	Фізіологічний показник (метод)	Психологічний показник (методика, тест)
1	2	3
1. Індекс стресу фактичний	$\underline{\text{ФПГ}} - I_{cf} = I_c - I_{ca};$ $I_c = \frac{A_3}{A_2} - \text{індекс стресу};$ $I_{ca} = \frac{A_4}{A_2} - \text{індекс стресу з}$ <p>врахуванням витрат адаптаційних резервів</p>	—
2. Стресостійкість загальна	$\underline{\text{ФПГ}}:$ $t = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} - \text{часовий показник};$ $A_0 = \frac{A_1}{A_2} - \text{амплітудний по-}$ <p>казник</p>	<u>Методика Холмса і Раге</u> <u>к-сть балів</u> <u>рівень</u> 150–199 – високий; 200–299 – пороговий; 300 і більше – низький.
3. Стресостійкість людини до впливу несприятливих факторів	$\underline{\text{ФПГ}}:$ $P_c = \frac{\alpha}{T} - \text{показник стресо-}$ <p>стійкості;</p> $V_w = \frac{A_1}{\alpha_1} - \text{показник швид-}$ <p>кості розвитку (початку) шоку;</p> $W_w = \frac{A_1 - A_2}{\alpha_2} - \text{показник}$ <p>швидкості протікання шоку;</p> $R = \frac{A_2}{\alpha} - \text{показник швид-}$ <p>кості реакції тривоги</p>	<u>Методика</u> <u>В. А. Жмурова</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• депресія відсутня;</li> <li>• депресія мінімальна;</li> <li>• легка депресія;</li> <li>• помірна депресія;</li> <li>• виражена депресія;</li> <li>• глибока депресія</li> </ul>

Продовження табл. 3.2

1	2	3
4. Емоційна резистентність організму	<u>ШГР:</u> Т – латентний період (від моменту подачі подразника до моменту появи реакції); Т <sub>2</sub> – період від моменту подачі подразника до максимальної амплітуди сигналу; Т <sub>3</sub> – період наростання реакції від 50 % до 100 % амплітуди сигналу	<u>Теплінг-тест</u> <u>тип темпу стан нерво-вої системи</u> випуклий – сильна; рівний – середньої сили; спадаючий – слабка; проміжний – середньослабка; ввігнута – середньослабка
Рівень напруженості м'язів	<u>ЕМГ:</u> ЛЧН – латентний час напруження; ЛЧР – латентний час розслаблення; $\frac{dE}{dt} = b(F_{\max} + F)$ – потужність м'яза	

### 3.1.2. Оцінювання стресостійкості організму людини за принципом біологічного зворотного зв'язку

Одним із елементів новизни (рис. 3.7) є те, що позитивний напрямок розвитку стресу дозволяє визначати і корегувати адаптаційні можливості людини та оцінювати рівень внутрішньої регуляції психічної діяльності (стресостійкості) за рахунок введення в структуру моделі біологічного зворотнього зв'язку (БЗЗ), що неможливо при негативному напрямку розвитку. БЗЗ можна визначити як процес представлення інформації індивідууму про поточні зміни одного або декількох психофізіологічних параметрів, динаміки позитивного напрямку розвитку стресу з метою встановлення самоконтролю індивідуума над процесом його протікання.

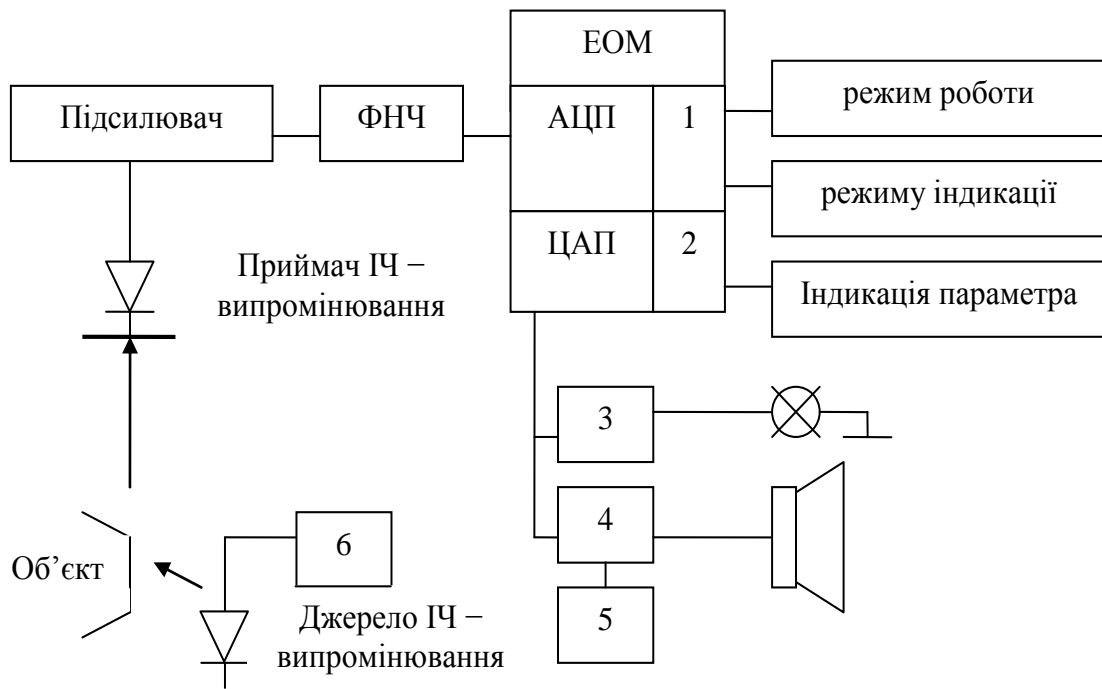


Рис. 3.7. Блок-схема методики корекції психічного стану пацієнтів з синдромом тривожного стану: 1 – порт цифрового введення; 2 – порт цифрового виведення; 3 – регулятор інтенсивності зорового стимулу; 4 – регулятор інтенсивності звукового стимулу; 5 – генератор білого шуму; 6 – генератор  $f_0$

Використовуючи БЗЗ, пацієнт за допомогою зовнішнього зворотнього зв'язку (наприклад, візуалізації) отримує інформацію про поточну динаміку стану різних функціональних систем організму, в яких необхідний довільний самоконтроль для редукції (зворотного розвитку) певних симптомів захворювання. Тим самим БЗЗ відкриває перед пацієнтом можливість реалізувати механізм саморегуляції, наприклад зміни функцій мозку [11, с. 228–242]. При цьому особливо важливо, що довільний контроль за допомогою БЗЗ забезпечує пацієнту контроль над такими фізіологічними процесами, які в звичайних умовах не піддаються довільній перевірці [91, с. 189–225]. Наступний важливий висновок за технологією БЗЗ полягає в тому, що спостереження за динамікою психічних процесів не може бути здійснене без спеціальної реєструючої, обробляючої та аналізуючої електронної техніки, створення адекватних алгоритмів обробки фізіологічних характерис-

тик, засобів формування та генерації зворотного зв'язку [11]. Основу кібернетичних уявлень про саморегуляцію, як відомо, складають механізми функціонування негативних зворотних зв'язків. Саморегульовані ефекти БЗЗ залежать не тільки від параметрів і природи зворотного зв'язку, але і від стану організму в динаміці. Модифікація стану організму, найімовірніше відбувається за рахунок внутрішніх кіл зворотних зв'язків. Як наслідок, величина і характер зміни цього стану є результатом синтезу нових зворотних зв'язків.

Основна концепція БЗЗ зводиться, таким чином до того, що інформація про власний функціональний стан дозволяє суб'єкту навчитися саморегуляції та модифікації досліджуваної і регульованої фізіологічної функції. З основної концепції випливає також і те, що БЗЗ набуває велику цінність як метод модифікацій функціональних систем організму.

Регуляторні функції функціональних систем здійснюються при наявності прямого і зворотнього зв'язку. Необхідно враховувати, що живі системи характеризуються здатністю до «навчання», у зв'язку з чим прямий внутрішній зв'язок може бути сформовано після утворення нового кола зворотного зв'язку.

Прямий зв'язок дає можливість індивіду функціонувати в певних умовах найбільш доцільно, що дозволяє розглядати БЗЗ як ефективний засіб оптимізації стану як окремих функціональних систем, так і організму в цілому. Одночасно БЗЗ створює можливість постійного контролю динаміки патернів функціональних систем шляхом реєстрації ЕКГ, ЕЕГ, ЕМГ та інших показників і визначення кореляцій цих показників з поведінкою людини.

Звідси випливає важливий висновок: БЗЗ виступає як метод накопичення інформації про відповідність патернів згаданих функцій і визначення функціональної системи [91].

Метод БЗЗ-терапії має основні атрибути:

- безперервний моніторинг досліджуваних фізіологічних процесів;
- надання пацієнту сенсорного зворотнього зв'язку регульованої функції в реальному часі;
- інструкції, які мотивують пацієнта [11, 91].

Все вище перераховане послужило основою для розробки методики корекції стану організму за допомогою БЗЗ у пацієнтів з невротичним синдромом тривожного стану (ТС).

Під БЗЗ в цій методиці корекції психічного стану розуміється контур зовнішнього зворотного зв'язку, організований двома сенсорними модальностями (звук, світло) і мікрокомп'ютером, який обробляє діагностичну фізіологічну інформацію про дихання і вводить її в два сенсорних канали суб'єкта. Суб'єкт (пацієнт) одержує інформацію про дихальні рухи по зміні інтенсивності звукового (гучність білого шуму) та зорового (яскравість світіння лампи) стимулів. Для полегшення навчання керувати своїм диханням, бажано вводити інформацію про фізіологічне здійснення процесу дихального акту з посиленням до двох (а не до одного) аналізаторів: зорового і слухового.

У запропонованій методиці (див. рис. 3.7) пацієнт міг використовувати для корекції свого стану (його нормалізації) БЗЗ, свідомо управляючи ритмом, частотою і глибиною дихальних рухів, опановуючи через репрезентацію їх довільну регуляцію.

В роботі [84] запропонована дещо інша структура БЗЗ-тренінгу, яка, на відміну від існуючих впливів, використовує помірно больову електростимуляцію.

На першому етапі відбувається звикання до двох якісно різних звукових стимулів (високого і низького тонів) тривалістю 10 с, які подаються у випадковому порядку через випадкові часові інтервали. Перші пред'явлення звукових стимулів супроводжуються орієнтовною реакцією і сплеском амплітуди ШГР, яка в міру звикання до повторних стимулів закономірно зменшується. Закінчується перший етап при повному затуханні орієнтовної реакції (тобто зниженні амплітуди ШГР до початкового, фонового рівня) на обидва стимули. Для цього, як правило, достатньо 10–20 застосувань стимулів.

На другому етапі виробляється класичний захисний умовний рефлекс на один із звукових стимулів. Для цього звук високого тону підкріпляють нанесенням електрошкірного подразника (ЕШП) через електроди, які підкріплені на зап'ясті правої руки. Подача звукових стимулів обох типів здійснюється автоматично у випадковому порядку і в випадкові моменти часу до тих пір, поки у відповідь на умовний зву-

ковий стимул високого тону не буде стійко з'являтися виражений сплеск ШГР (ще до нанесення ЕШП!), а у відповідь на нейтральний звук низького тону сплеск ШГР буде практично відсутній. Метою другого етапу є вироблення диференційованого гальмування, що забезпечує адекватне реагування на різного роду звукові стимули. Високий тон, що попереджає про нанесення ЕШП в момент його закінчення, провокує емоційне напруження, тривожне очікування больового подразнення і, тим самим, набуває властивостей стресогенного впливу. Низький тон, навпаки, свідчить про відсутність загрози отримання ЕШП і асоціюється зі станом спокою, безпеки. Таким чином, на другому етапі з'являється набута здатність розрізняти безпечні ознаки та ознаки загрози і «безпомилково» вмикати механізм активації вегетативної нервової системи. Об'єктивним індикатором цієї здатності виступає вказаний вище характер динаміки викликаного ШГР.

До третього, основного, етапу вивчення необхідно переходити після того, як сам досліджуваний прийде до висновку, що сплеск ШГР відповідає наростанню негативного емоційного напруження, а зменшення амплітуди ШГР – його послабленню. На цьому етапі здійснюється вироблення навички інструментального придушення умовного сплеску ШГР. Пацієнту пояснюють, що успішний опір наростанню емоційного напруження під час звучання стимулу високого тону, що відображається об'єктивною мінімалізацією амплітуди ШГР, дозволяє уникнути нанесення ЕШП. В протилежному випадку, в момент перевищення амплітуди сплеску ШГР заданої граничної межі, наноситься ЕШП. Таким чином, у досліджуваного створюється мотивація до придушення суб'єктивно пережитого відчуття напруження, яке виникає при дії умовного звукового стимулу. Важливою особливістю цього етапу є те, що пацієнт самостійно вибирає момент подачі і висоту звукового тону, що виключає додатковий стресовий фактор невизначеності і полегшує початкове формування навички придушення неадекватної вегетативної активації. Про ефективність своїх зусиль досліджуваний судить згідно з динамікою ШГР, яка відображається на екрані монітора. Переконавшись в ефективності своїх вольових зусиль з придушення емоційного напруження і можливості уникнення ЕШП, пацієнт повторними вольовими зусиллями виробляє і закріплює свої

навички придушення цієї негативної реакції при впливі стресогенного стимулу.

Четвертий, заключний етап, призначений для перенесення навичок емоційного самоконтролю, сформованого в «теплих» умовах третього етапу, в ситуацію, коли стресогенний звуковий стимул з'являється неочікувано для пацієнта і незалежно від його готовності протистояти наростанню емоційного напруження.

При досягненні 100 % уникнення ЕШП, навички емоційного самоконтролю вважаються сформованими і зберігаються протягом багатьох років. Досягнуте таким чином підвищення емоційної стійкості призводить не тільки до стійкого зниження особистісної тривожності, але й до підвищення резистентності організму до різних психічних, біологічних і фізичних факторів середовища існування і діяльності.

Таким чином, у відповідності з [84] можна визначити два основних шляхи боротьби з негативними емоційними станами.

По-перше, це виховання таких моральних якостей особистості, які здатні в критичних ситуаціях відтіснити інстинктивні потреби самозбереження і мобілізувати людину на адекватне відображення постійно змінюваних обставин і реалізацію прийнятих рішень. По-друге, це максимальна озброєність суб'єкта знаннями (особливо професійними), реального життєвого досвіду, що включає вміння використовувати цей досвід для досягнення мети, навичками оптимізації емоційних станів. В будь-якій екстремальній ситуації людина продовжує активний пошук способів її подолання, пошук виходу з неї, і, якщо ситуація залишається складною, активна діяльність перешкоджає дезорганізованому впливу негативних емоцій і їх негативному впливу на здоров'я.

Подібна поведінка в проблемній ситуації характерна для людей з внутрішнім локусом контролю, який визначається як суб'єктивне відчуття здатності прогнозувати середовище і впливати на події в ньому. Індивід, з наявним локусом контролю, більш впевнений в собі, послідовний і наполегливий в досягненні мети, схильний до самоаналізу, врівноважений, доброзичливий і незалежний. Схильність до зовнішнього локусу контролю, навпаки, проявляється такими рисами, як невпевненість в своїх здатностях, неврівноваженість, бажанням відклас-

ти реалізацію своїх намірів на невизначений термін, тривожність, підозрілість, конформність та агресивність.

Експериментальні дані, свідчать про те, що знаходження індивіда протягом тривалого терміну в умовах повної відсутності контролю над середовищем призводить до його «навченої безпорадності». «Навченість» не застосовувати активних дій призводить не тільки до відходу від діяльності, але і негативно відображається на психічному і соматичному здоров'ї людини.

Підвищення локусу контролю під впливом досвіду можливе, і ця можливість відкриває широкі перспективи для використання навчання в якості прийому оптимізації емоційного стану людини, шляхом вироблення в неї індивідуальної стійкості до стресогенних впливів.

### **3.2. Рекомендації щодо оцінювання реакції людини на емоційний стрес**

Для оцінювання стану людини в напружених та екстремальних ситуаціях, коли дія зовнішніх міжособистісних і ситуаційних факторів у поєднанні із внутрішніми особистісними досягає максимальних значень, особливо важливим є оцінювання стресу людини за характером її поведінки.

За своїми індивідуальними відзнаками працівники реагують на стрес декількома видами поведінки [92, ст. 136]:

- агресія – активна протидія стресу через подолання перешкод, нейтралізація причин стресу, розв'язання конфліктної ситуації;
- пасивна поведінка – неспроможність або небажання протидіяти стресу;
- тимчасове полегшення – використання людиною психологічних прийомів захисту: переміщення (переведення негативних почуттів), відкидання (свідоме заперечення) існування неприємностей, витіснення значимості стресу та його інтелектуалізація.

Відповідно до біологічної концепції стрес – особливий, напружений стан організму, його адаптивна реакція на несприятливі зовнішні впливи [92, с. 296–297]. В той же час, за *Ч. Д. Спілбергером* [14], стрес – це сукупність зовнішніх впливів (стрес-чинників), які сприймаються



особистістю як надмірні вимоги і створюють загрозу її самоповазі, самооцінці, що викликає відповідну емоційну реакцію різної інтенсивності і включає такі стадії (фази) розвитку стресу: адаптація, активація, тимчасова стабілізація, первинна дезадаптація; вторинна стабілізація, виснаження, зрив.

В той же час низка дослідників відзначає, що стрес – це нормальне явище і є одним із обов'язкових станів людини, в залежності від ситуації, в якій вона опинилась. Проблема полягає не в тому, щоб повністю ліквідувати стрес, а в тому, щоб навчитись керувати ним, переводячи його в безпечний стан, *Дж. Баретта* вважає, що стрес не обов'язково є деструктивною силою і може бути важливим для людського виживання і благополучного існування [2, с. 297].

Іншими словами, психоемоційний стрес має як негативну, так і позитивну дію на життєдіяльність і професійну роботоздатність (наприклад, досягнення надвисоких результатів в спорті).

На рис. 3.8 представлена розроблена автором класифікація чинників, що визначають і впливають на поведінку людини при стресі, яка передбачає розвиток подій при будь-якій поведінці людини в умовах стресу і визначає адекватні показники впливу.

Із представленої класифікації видно, що при агресивній поведінці вірогідність прийняття позитивного або негативного напрямку розвитку ситуації складає приблизно 50 % на 50 % і суттєво залежить від видів та інтенсивностей зовнішніх впливів та вихідного рівня професійно-важливих якостей.

При невпевненій поведінці визначальними можна вважати самонастрій і мотивацію на позитив чи негатив; мобілізацію або демобілізацію власних ресурсів і пошук (або небажання) адекватної ситуації виходу.

При розгляді структури упевненої поведінки не логічним, на перший погляд, є можливість отримати негативні наслідки. Але це тільки на перший погляд. Наприклад, якщо у кандидата переважає, «Самовпевнений тип особистості» і рівень мотивації досягає максимального значення, то при відповідній взаємодії зовнішніх стрес-чинників можна отримати негативний результат (іноді говорять, що людина «перегоріла» або переоцінила власні можливості).

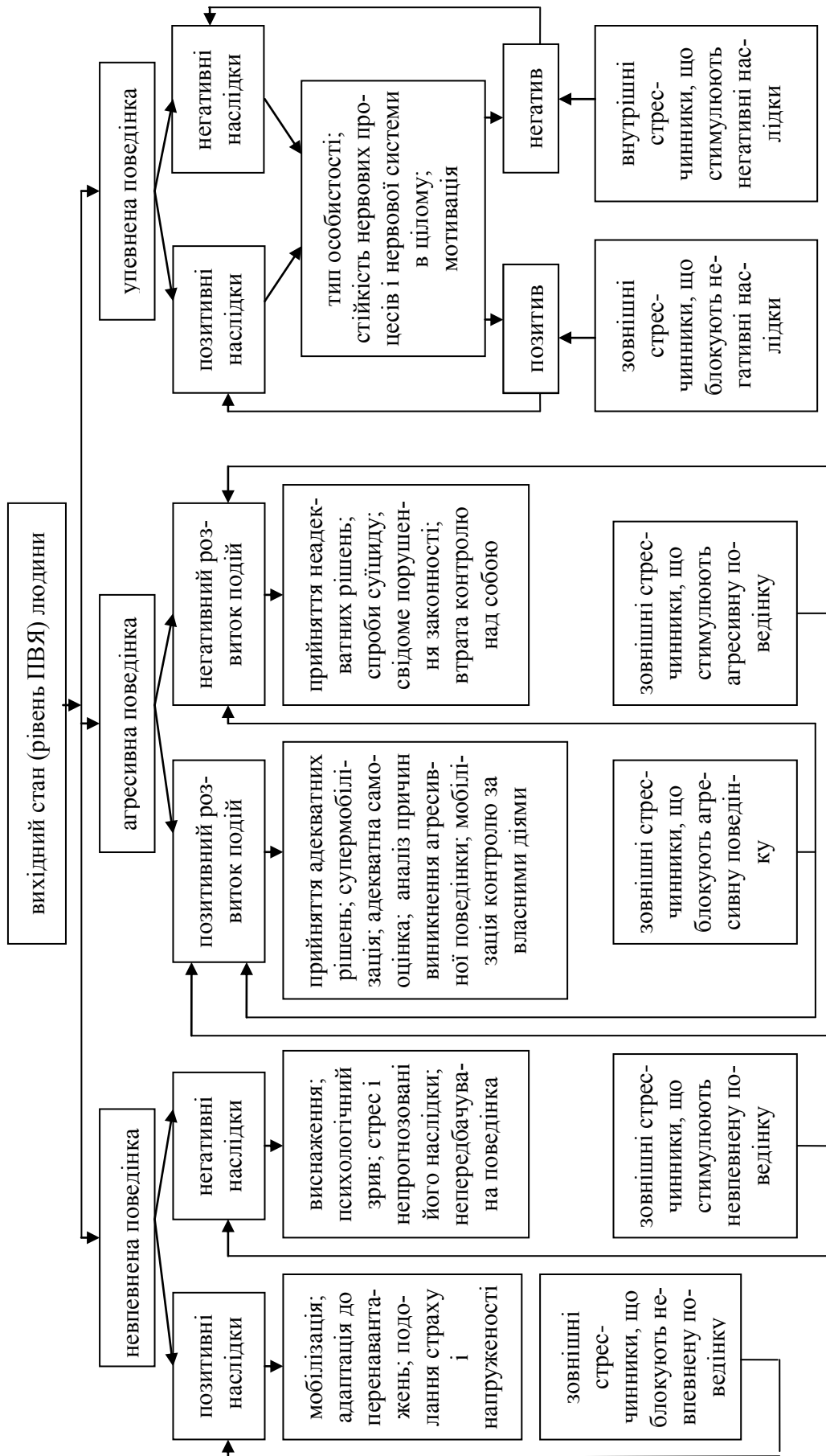


Рис. 3.8. Класифікація чинників, що визначають і впливають на поведінку людини при стресі

Ефективність застосування цієї класифікації можна підвищити, використовуючи її спільно із психосоматичною моделлю стресу, особливо в несприятливих зовнішніх умовах [2, с. 76–80], коли стрес представляє собою комплексну психофізіологічну реакцію, що виникає внаслідок суб'єктивної оцінки дії зовнішніх психосоціальних, міжособистісних факторів під впливом внутрішніх інтраособистісних факторів.

При порушенні збалансованості системи «людина–середовище» недостатність психічних чи фізичних ресурсів біооб'єкта для задоволення нагальних потреб є джерелом тривоги. У природі захворювань психосоматичного характеру значна роль належить негативним емоціям, що виникають в результаті психоемоційної напруги або екстремальної ситуації, коли будь-який ефект, що діє на нейрон-вегетативну й ендокринну системи, призводить до змін на соматичному рівні.

Іншими словами, ефективність запропонованої класифікації буде більшою, якщо вона буде працювати в поєднанні із моделлю виникнення захисних механізмів психічної адаптації, в основу якої покладена відповідність типології.

Дія механізмів психічного захисту суб'єкта починається з моменту відчуття тривоги, напруженості, внаслідок зіткнення імпульсів, що конфліктують. Вся захисна активність суб'єкта спрямовується на збереження від переживання психоемоційної напруги, незадоволення та послаблення тривоги. У психології під тривогою [75] розуміють генералізований дифузний емоційний стан, який виникає у ситуації невідомої небезпеки і проявляється в очікуванні несприятливого розвитку події. *А. Фройд* мотивує їх появу трьома основними типами тривоги, які здатний переживати суб'єкт: інстинктивну тривогу, об'єктивну та тривогу свідомості (рис. 3.9), які є негативними елементами виникнення та подальшої дії захисних механізмів психічної адаптації людини.

Інстинктивна тривога зумовлена неможливістю реалізувати потреби і потяги суб'єкта, а об'єктивна тривога – значущістю об'єктів навколишнього світу і слабкістю суб'єкта. Тривога свідомості викликається реальною зовнішньою загрозою [75, 77].

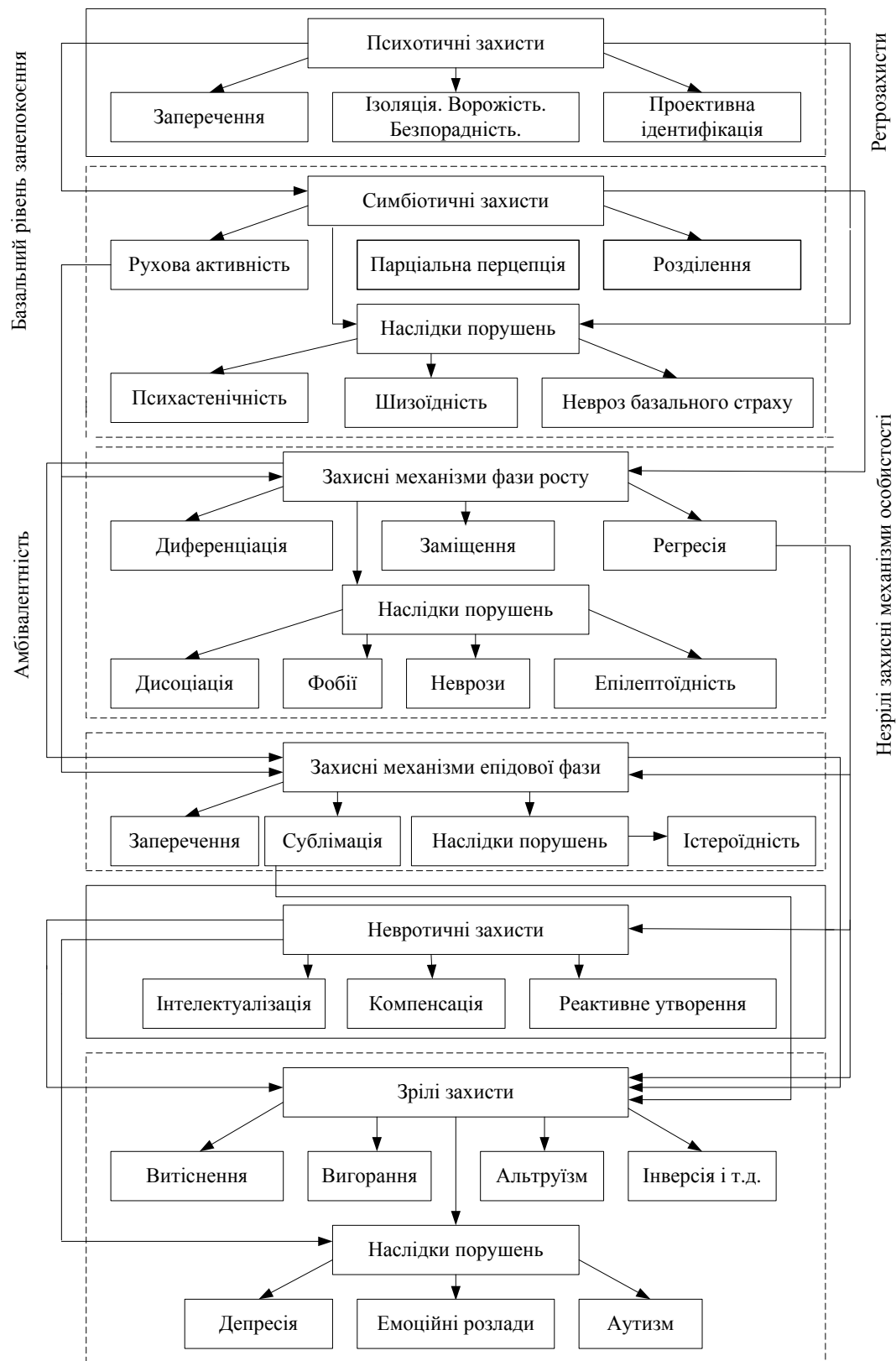


Рис. 3.9. Модель виникнення захисних механізмів психічної адаптації та наслідки їх порушень

Початково захист виконує епізодичну, ситуативну ролі, але у випадку результативності його прояву, психіка активує тенденцію до фіксації уваги на тому способі, який у попередній ситуації сприяв розрядці напруги, знімав тривожність, тобто – оптимізував стан суб'єкта.

За категоризацією *Джорджа Вейланта* (1977) [76] та психоаналітичною теорією розвитку Фрейда, захисти вибудовуються в континуум відповідно до рівня психоаналітичного розвитку (див. рис. 3.9).

На першій, симбіотичній фазі [77, 93], основне значення має радість спілкування з іншими, емоційне сприйняття себе, довіра до світу. Симбіотичними захисними механізмами цієї фази є парціальна перцепція, розділення, рухова активність. Рухова активність [73] входить в кластер регресії, розвивається в ранньому дитинстві для стримання відчуттів невпевненості у собі та страху невдачі, пов'язаних з проявленням ініціативи і включає мимовільні, іррелевантні дії для зняття напруження.

Наслідок порушення цієї фази – шизоїдність. До інших наслідків порушення даної фази відносяться: психастенічність – страх за своє життя і життя близьких, острах нового; обмеження контактів із середовищем деякими звичними умовами з удосконалення засобів захисту від світу; невроз базального страху, страх розриву єдності, страх емоційних відносин.

В другій, фазі росту [77, 93] (див. рис. 3.9) у дитини спостерігається диференціація функцій, емоційна довіра, співпереживання, чутливість до відносин у родині, ідентифікація себе зі значимими членами родини, виділення себе із системи міжособистісних відносин, автентичність, категоризація позицій у ситуації, орієнтування в амбівалентних переживаннях, здатність «бути різним». Наслідок порушень на амбівалентній стадії дисоціація, невроз нав'язливих станів, патологія самоконтролю, фобії та епілептоїдність, емоційна в'язкість, напруженість, агресивність, затяжні афективні реакції. Чим нижчий ступінь ідентифікації між дітьми і батьками, тим вищий рівень тривожності, що в подальшому призводить до значних психоемоційних розладів. Основні захисні механізми цієї фази – диференціація, заміщення, регресія, що стають стереотипом поведінки.

Третя, фалічна фаза [77, 93], (див. рис. 3.9) проявляється істероїдністю – сугестивністю, нездатністю до вольових зусиль, сенсорною спрагою, «спрагою визнання». Захисні механізми даного періоду – сублимація та заперечення.

Невротичними захистами [77] підлітків є інтелектуалізація, формування реакції, розщеплення, заміщення, компенсація. Дослідниками встановлено, що до основних захисних поведінкових реакцій підлітків відносять: відмову, опозицію, імітацію, емансипацію. З подальшим формуванням особистості підлітка з'являються більш зрілі психологічні захисні механізми, в реалізації яких беруть участь психічні функції від сприйняття та емоцій до пам'яті і мислення, а саме: заперечення, витіснення, заміщення, раціоналізація, регресія, реактивне утворення, гумор, сублимація, витіснення, альтруїзм, очікування [77].

У підлітків більш висока активність невротичних захистів (див. рис. 3.9). У соціально дезадаптованих особистостей захисні механізми напружені більше, ніж у соціально адаптованих. Неповнолітні використовують відразу кілька захисних механізмів, що вказує на наявність комплексного психологічного захисту [94].

Згідно з *Хорні* [77], відсторонений тип особистості (табл. 3.3) є першим типом базального конфлікту, основним захисним механізмом якого є ізоляція. Найбільш очевидна особливість людей цього типу – загальне відчуження від інших і себе, тобто нечутливість до емоційних переживань, невизначеність у собі. Ключовим моментом є їхня внутрішня потреба встановлювати емоційну дистанцію, свідомо і несвідомо рішучість відокремлення від людей.

Агресивна диспозиція (табл. 3.3) особистості демонструє тенденції рухатися «проти людей» [77], коли основною емоцією є гнів, а захисними механізмами – ворожість та заміщення.

Поступливий, беспорядний індивід (табл. 3.3) – приймає свою безпомічність і цілком покладається на інших. Основними характерними особливостями є слабкість вольового контролю та імпульсивність, нездатність самотійно приймати рішення. Захисним механізмом даного типу є регресія.

**Характеристика особистісних розладів та типологія їх психічних захисних механізмів**

**Таблиця 3.3**

Типи особистості	Ймовірні нервові розлади		Характерні особливості	Типи захисту
	Код DSM—III—R <sup>3</sup>	Тип розладу		
Пильний	301.00	Параноїдний	Недовірливість через невинуватий страх, уразливість, миттєва реакція гніву, контратака, тривале переживання почуття незадоволення і т. п.	Проекція
Відлюдник	301.20	Шизоїдний	Відчуженість, прохолодність, повна байдужість до соціальних взаємодій та звуження рівня емоційних переживань і емоційної виразності, тривоги з приводу базальної безпеки, замкнутість і т. п.	Дистанційованість задля збереження своєї безпеки, ізоляція.
Ідеосинкратичний	301.22	Шизотиповий	Надмірний соціальний страх, ілюзії, ексцентрична поведінка, неадекватне абстрактне мовлення та афект, підозрілість, параноїдні ідеї і т. п.	Надмірний страх та соціальний дискомфорт
Авантюрний	301.70	Антисоціальний	Провокування бійки із застосуванням зброї, прояви фізичної жорстокості до тварин та людей, неспроможність узгоджувати свою поведінку з соціальними нормами, дратівливість, зневажливе ставлення до власної або чужої особистої безпеки і т. п.	Агресія, заміщення
Діяльний	301.83	Пограничний (межовий, активність на грані зриву)	Нестабільності настрою, напруженість міжособистісних стосунків і самоусвідомлення, імпульсивність, афективна нестабільність, помітні зміни настрою від нормального до депресії, дратівливості чи страху, безконтрольний гнів, виражені і стійкі порушення ідентифікації і т. п.	Неадекватний за інтенсивністю гнів, заміщення
Драматичний	301.50	Гістрионний (Істероїдний, негірродне акторство)	Надмірна емоційність та пошук уваги, недоречна поведінка, неадекватно надмірне виявлення швидкоплинних і поверхових емоцій, егоцентризм і т. п.	Надмірний прояв неадекватної емоційності

Продовження таблиці 3.3

Типи особистості	Ймовірні нервові розлади		Характерні особливості	Типи захисту
	Код DSM-III-R <sup>3</sup>	Тип розладу		
Амо-вплевнений	301.81	Нарцисичний	Реагування на критику з почуттям гніву, сорому або приниження, вияв схильності до експлуатації, почуття володіння особливими правами, вимагання постійної уваги та захоплення, брак співпереживання, почуття заздрості і т. п.	Перфекціонізм
Чутливий	301.82	Тривожний (уникаючий)	Переважання страху негативної оцінки, боязкості, легкої вразливості критикою і несхваленням, ухиляння від соціальної і професійної активності, стриманість у соціальних ситуаціях, схильність перебільшувати потенційні труднощі і т. п.	Уникання
Відданий	301.60	Залежний	Неможливість прийняття самостійного пересічного рішення, почуття дискомфорту, спустошеності і безпорадності на самоті, легка вразливість і т. п.	Компенсація
Добросовісний	301.40	Нав'язливо-примусовий	Надмірне прагнення до досконалості у всьому, негнучкість, бажання бездоганності, нерішучість при прийнятті рішення, наполегливість в роботі, звуження вираженості афекту, надмірна сумлінність, скрупульозність, брак щедрості, ригідність, впертість, наявність постійних сумнівів і т. п.	Підконтрольний гнів, інтелектуалізація.
Безтурботний	301.84	Пасивно-агресивний	Умисно повільне або погане виконання роботи, дратівливість, похмурність, схильність до скандалів, зневажливості і т. п.	Пасивна агресія.
Агресивний	301.90	Садистський	Переважання жорстокої, принижуючої агресивної поведінки, задоволення від використання фізичного та психічного насильства, захоплення насильством, обмеження незалежності близьких людей і т. п.	Надмірна агресія, заміщення
Альтруїстичний	301.90	Само-принижувальний	Свідомий вибір людей і ситуацій, які призводять до розчарування та невдачі, депресій, частих почуттів провини, принесення себе в жертву, інтровертність, зачована на заниженій самооцінці і т. п.	Негативні емоції, спровоковані страхом
Серйозний	DSM-ГУ	Депресивний	Переважання постійного пригніченого, похмурого, сумного настрою, критичності та обвинувачуваності по відношенню до себе, песимістичної налаштованості та почуття провини і т. п.	Інтроекція та оборонення проти себе



Отже, в процесі постійно повторюваної напруженої психоемоційної ситуації, функцію стабілізації виконують переважно інтрапсихічні захисні механізми, що пов'язано з обмеженістю арсеналу адаптаційних захистів, соціальною незрілістю, психологічною занедбаністю особистості біооб'єкта, а також наявністю високого рівня психоемоційною напруження, який обумовлює їх запуск. Психологічний захист – це окремий випадок стратегії поведінки, що є водночас адаптаційним механізмом психічної саморегуляції в конфліктній ситуації. Вивчення їх має велике значення для прогнозування психоемоційних розладів. Вибір адаптаційних захисних механізмів залежить від особливостей актуального психічного стану особи. Психічні захисти покликані забезпечити психічну рівновагу суб'єкта, знизити рівень тривоги, напруження, що досягається витісненням конфліктогенного змісту за межі свідомості.

Модель емоційно-стресової реакції (рис. 3.10) [95, с. 27–30] приводиться для випадку негативного афекту та для емоційної реакції позитивного напрямку. Модель складається з трьох ланок: властивостей подразника (вхідних змінних), системи і підсистеми оцінок і категорій оцінок (вихідних змінних).

Перший компонент моделі виражає властивості стрес-фактора. На людину впливають позитивні і негативні подразники. Стресори мають властивість: специфічну, тобто визначеного ступеня важливості для всіх людей, незалежно від їх емоційного гомеостазу і генотипу. Специфічні можуть бути реальними подразниками у вигляді негативних емоцій, що колись пережила людина та які збереглися в пам'яті.

Неспецифічні властивості стрес-фактору не характерні для того чи іншого класу емоційних станів. Новизна посилює емоційну реакцію, посилюючи зсуви і роблячи інтенсивнішими зсуви емоційного і фізіологічного гомеостазу.

На властивості подразників впливають і процеси, що протікають під впливом попередніх стрес-факторів, на рівні категорії реагування. Ці процеси є важливими для реакції відповідної системи і можуть бути описані як функції вхідного сигналу емоційних процесів через замкнутий ланцюг зворотних зв'язків. Вже на основі цього можна визначити, що емоційне відчуття є результатом сенсорного зворотного

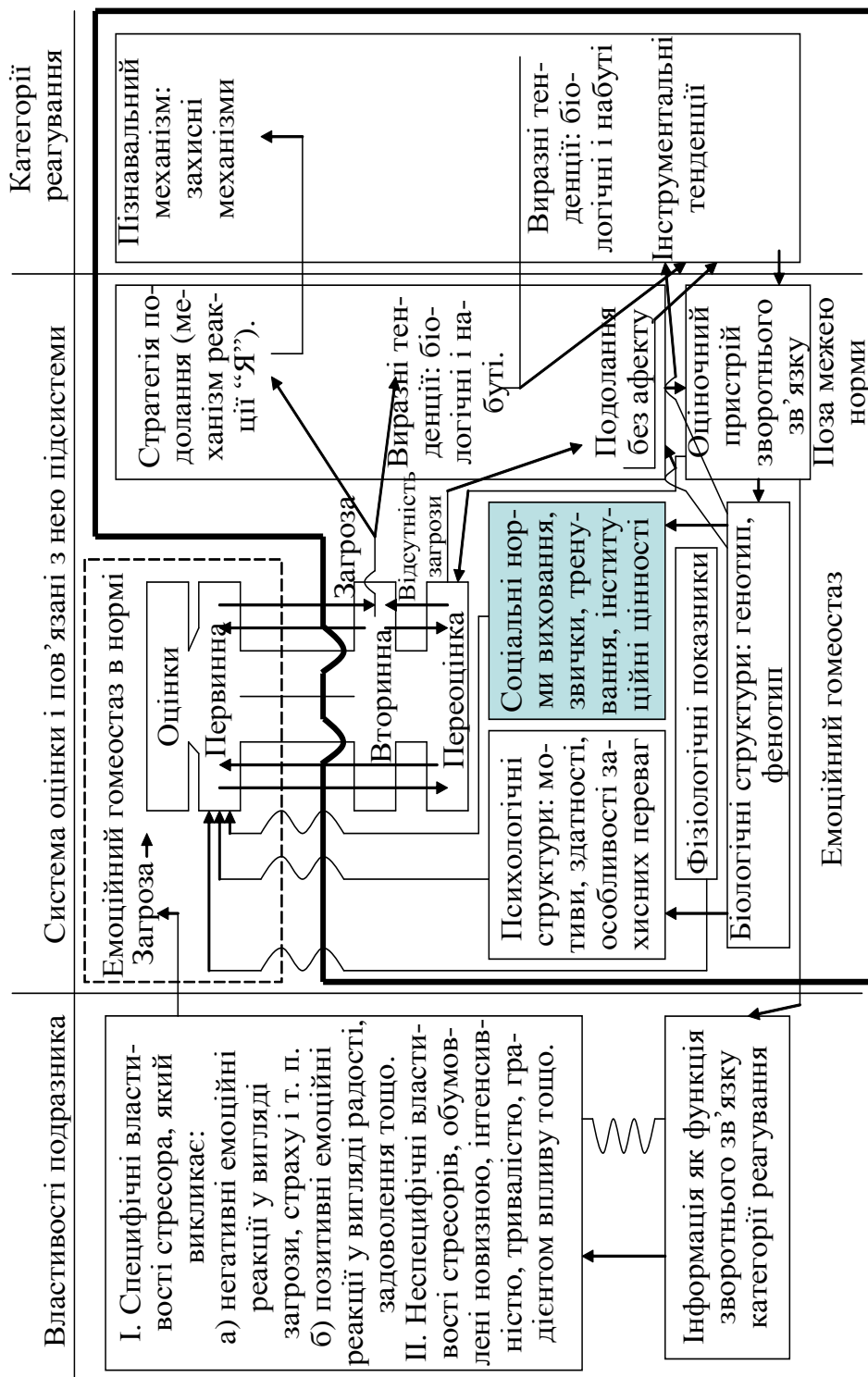


Рис. 3.10. Модель протікання стресової реакції людини при впливі психоемоційних стрес-факторів

зв'язку вісцерально-соматичних реакцій і пізнання, отриманих як в дійсній ситуації, так і в попередньому досвіді поведінки. Отже, фізіологічні процеси, що виникли внаслідок дії попереднього стрес-фактора, видозмінюють реакцію організму на наступний подразник. Відповідно, різні емоційні реакції від вихідного сигналу, через «оціночний пристрій» впливають на властивості стресора у вигляді інформації як функція зворотного зв'язку (33).

Первинна оцінка є функцією трьох класів минулого: властивостей стресора (специфічних, неспецифічних, визначених функцією 33 реагування); психологічної конституції індивіда (оціночних суджень, інтелектуальних і фізичних ресурсів, минулого досвіду в аналогічних ситуаціях тощо); його соціальних норм.

Первинна оцінка дозволяє зробити висновок, до чого відноситься стресор чи ситуація – до загрози, чи позитивних наслідків. Характер первинної оцінки визначається і біологічними структурами організму – його фенотипом (лімбічною системою, гіпоталамусом, нейроендокринною системою тощо) і генотипом (типом, числом і розміром генів). Біологічні структури грають велику роль і на наступних етапах пізнавальних оцінок.

Після пізнавальної оцінки стрес-фактора починається розробка механізмів захисту. «Процеси подолання» – це засоби, за допомогою яких особистість здійснює контроль над ситуаціями, загрозливими чи позитивними. Процеси подолання протікають разом з емоційними реакціями і є їх частиною. Саме від їх розвитку залежить утримання емоційного гомеостазу в межах динамічної рівноваги чи їх організації на новому, більш адекватному рівні умов, що виникли. Стратегія подолання являє собою процес вторинної оцінки стресора. Вторинна оцінка призводить до одного чи більше трьох типів стратегій подолання. Перший з них – механізм реакції «Я» – проявляється тоді, коли пряма дія є неможливою через зовнішні чи внутрішні гальмування. Другий тип – тенденція до прямої дії, наприклад при наявності загрози, внаслідок чого відбувається пряма дія на джерело стресу – напад чи втеча. І третій – подолання без афекту, коли реальна загроза відсутня. Прикладом може бути множина потенційно

небезпечних об'єктів, що супроводжують нас щоденно і яких ми успішно уникаємо.

Переоцінка характеризує процес зміни в судженнях, що виникають на основі зворотної інформації чи своїх власних реакцій.

Всі вищезгадані елементи стратегій ведуть до різних категорій емоційного реагування: пізнавального, виразного та інструментального. За умов пізнавального реагування внутрішнє чи зовнішнє гальмування не дає розвиватися будь-яким іншим формам емоційного вираження. До них належать такі захисні механізми як реакції придушення, заперечення, відкладення тощо.

Виразні тенденції категорії реагування поділяються на біологічні і набуті. Біологічні – еволюція нашарування (Ч. Дарвін). Для людини характерні такі його прояви як сміх, плач, увага і т. п.

Інструментальне реагування складається із скоординованих наслідкових елементів поведінки, направлених на досягнення будь-якої мети. Вони поділяються на дві категорії:

1. Символи – застосовуються для подачі сигналу про наявність чи маскування від присутності будь-якого афекту.

2. Оператори – призначені для досягнення деякої персональної, визначеної мети шляхом прямого впливу на навколишнє середовище [2, с. 27–31].

### **3.3. Особливості обробки біомедичної інформації, зумовленої емоційним стресом**

Для забезпечення ефективного діагностування захворювань серцево-судинної, центральної нервової, ендокринної та інших фізіологічних систем, спричинених емоційним стресом, існує необхідність у створенні відповідного програмного забезпечення та системи зв'язку, за допомогою якої можливе здійснення дистанційного консультування провідними спеціалістами у реальному часі та подальшого призначення ними лікування у разі виявлення патології.

Для швидкодії збирання та зберігання інформації необхідно забезпечити адекватний процес оброблення інформації. Для кращої передачі даних необхідно застосовувати її стискання та кодування [96]. В багатьох випадках терміни переробки та проходження медичної інфо-

рмациї через канал зв'язку та час, необхідний для прийняття рішення, не збігаються і рішення приймається із запізненням або при неповній переробці інформації, що негативно позначається на функціонуванні соціально-медичних систем [96, 97]. Канал передачі інформації [97, 98] – це речовина або поле, які під впливом зовнішніх факторів змінюють свої фізичні властивості в часі чи просторі. У каналі зв'язку на сигнал впливають шуми, які частково спотворюють цей сигнал. Отримувач інформації може отримати не той сигнал, який передало джерело інформації. Тому необхідно забезпечити високу заводостійкість телекомунікаційної або телемедичної системи.

Розроблені програмні процедури дозволять проводити аналіз медичної інформації з метою попередження та запобігання появи складних патологічних станів серцево-судинної системи, викликаних стресом, у людей, що знаходяться на відстані від пункту надання кваліфікованої медичної допомоги у разі певних обставин чи неможливості транспортування хворого. Цей метод дозволяє надати правильну інформацію, необхідну для подальших лікувальних дій та провести консультацію досвідченого лікаря в реальному часі, за допомогою телекомунікаційної або телемедичної системи, у разі виникнення важких ускладнень серцево-судинної системи пацієнта.

Початковим етапом діагностуванням пацієнта є визначення загального стану здоров'я шляхом поверхневого огляду та опитування [1]. Отримані дані та отримані в подальшому результати аналізів, в разі необхідності, вносяться до персональної електронної картки пацієнта для кращого оперування, оброблення та зберігання інформації.

Спочатку процес отримання знань проводиться із вибірки запису даних електронної картки пацієнта. На основі аналізу цієї інформації формуються гіпотези наявності причинно-наслідкових зв'язків і їхня структура із подальшою фіксацією списку параметрів [99]. Їхні взаємозв'язки досліджуються за допомогою процедур обчислення коефіцієнтів інформативності [98, 100], а також наступних процедур зменшення цього списку до варіанта списку найбільш інформативних параметрів, що забезпечує прийнятну точність розв'язку задачі класифікації досліджуваних об'єктів [99].

Вибрані показники оцінки цієї ситуації, в процесі вищезгаданої переробки та відповідного оформлення, вносяться в прогностичну картку для подальшого призначення типу лікування. У прогностичній картці використовуються показники, значення яких можна реально визначити за відсутності кваліфікованого персоналу шляхом заздалегідь узгоджених тестових опитувань та неінвазивних методів вимірювання діагностичних показників стану здоров'я пацієнта (тиск, пульс тощо).

Після виконання параметризації, здійснюється установлення залежностей між введеними параметрами за допомогою методу багатофакторного кореляційного аналізу [100]. Далі проводиться процедура зменшення цього списку до варіанта списку найбільш інформативних параметрів. [99; 101, с. 42–47]. Наступним важливим етапом є розбивка областей зміни значень параметрів, після чого проводиться випробування наявних еталонних значень на контрольній вибірці об'єктів [99].

Тип залежностей визначається точністю існуючих знань про причинно-наслідкові, логіко-динамічні зв'язки цього параметра. Для якісних параметрів дані представляються у вигляді продукцій [102]:

$Y(t) = \text{ЯКЩО} \langle \text{ситуація} (t) \rangle \text{ТО} \langle \text{прогноз значення параметра} (t + \Delta t) \rangle.$

Найбільш взаємопов'язані параметри оцінки здоров'я, що призводять до виникнення серцево-судинних захворювань внаслідок стресу, вказані в табл. 3.3.

Картка прогнозування патологічних відхилень у роботі серцево-судинної системи внаслідок тривалого негативного впливу емоційного стресу сформована на основі застосування інформаційних технологій і аналізу інформації персональної електронної картки пацієнта, що представлена в табл. 3.4.

### **Карта прогнозу стану хворого з діагнозом «емоційний стрес»**

**ПАРАМЕТРИ**: ВІК ( <п : >п );

**ОЗНАКА**':

НС – НАЯВНІСТЬ СТРЕСУ ( Є : НЕМАЄ );

ЗРС – ЗАГАЛЬНИЙ РІВЕНЬ СТРЕСУ ( НИЗЬКИЙ : ВИСОКИЙ );  
ЕС – ЧУТЛИВІСТЬ ДО СТРЕС-ФАКТОРІВ (ЕМОЦІЙНА СТАБІЛЬ-  
НІСТЬ; ЕМОЦІЙНА НЕСТАБІЛЬНІСТЬ);  
СВІД – СВІДОМІСТЬ ( ЯСНА: НЕЧІТКА: МАРЕННЯ: ВІДСУТНЯ );  
ЧДР – ЧАСТОТА ДИХАЛЬНИХ РУХІВ ( <п : >п );  
АТС – АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК СИСТОЛІЧНИЙ ( <п : >п );  
АТД – АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК ДІАСТОЛІЧНИЙ ( <п : >п );  
ЧСС – ПУЛЬС ( <п : >п );

**ЗАГАЛЬНИЙ ПРОГНОЗ':**

ВСЗ – ВИНИКНЕННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ  
(ВИСОКА ЙМОВІРНІСТЬ: НИЗЬКА ЙМОВІРНІСТЬ);

**'НЕХАЙ':**

$Y(t) =$  ЯКЩО (ВІК(t) = 2 'И' НС(t) = 1 'И' ЗРС(t) = 2 'И' ЕС(t) = 2 'И'  
(СВІД(t) – 2 'ИЛИ' СВІД(t) = 2) 'И' ЧДР(t) = 1 'И' АТС(t) = 2 'И' АТД(t)  
= 2 'И' ПУЛС(t) = 2) 'ТО' 2 'ІНАКШЕ' 1;

**'РЕЗУЛЬТАТ':**

'ЯКЩО'  $Y(t) = 1$  'ТО'  $ВСЗ(t + n \text{ 'ДНІВ'} ) = 2$  'ІНАКШЕ'  $ВСЗ(t + n$   
'ДНІВ')=1.

Де n та значення в дужках – інформаційні показники; НС – визна-  
чається наявністю вегетативних порушень, які помітні зовні і які мо-  
жна виміряти (зміна кольору обличчя, температура, тиск, ЧСС тощо);  
ЗРС – визначається збудженням поведінки та діяльністю, наявністю  
депресивного та інших станів, спровокованих стресом [1]; ЕС харак-  
теризується власними емоційними переживаннями та чутливістю сер-  
цево-судинної системи до стресу, протіканням відчуттів [1].

У разі низької імовірності виникнення серцево-судинних захво-  
рювань пропонується метод профілактичного лікування, який заздале-  
гідь був визначений шляхом проведення попереднього аналізу прогно-  
стичної інформації вказаними вище методами.

У разі прогнозування високої імовірності виникнення серцево-  
судинного захворювання, пов'язаного із емоційним стресом, отримані  
медичні дані підлягають подальшому стисканню та кодуванню [103] з  
метою передачі інформації та для попередження несанкціонованого  
доступу до мережі зв'язку [104].

Схематичне зображення системи зв'язку і передачі інформації наведено на рис. 3.11. Ця схема показує найбільш істотні елементи будь-якої системи зв'язку: комп'ютерної мережі, системи супутникового чи мобільного зв'язку тощо.

Кодування інформації здійснюється також з метою систематизації обліку медичних документів, створення необхідних умов для ефективного зберігання та використання інформації про ці документи, забезпечення умов для зручності їх обробки. Для стискання інформації використовуємо статистичні алгоритми. Адаптивні алгоритми (алгоритм Хоффмана) [105] починають працювати з фіксованою початковою таблицею частот символів, що в процесі роботи змінюється в залежності від зустрічних символів файлу. Переваги цього методу полягають у тому, що він потребує лише одного проходу по файлу і не потребує «прив'язки» таблиці частот символів, та досить ефективно стискає широке коло файлів. Разом з алгоритмом Хоффмана використовуємо логічне сортування графічних даних [105].

При передачі зображень, для їх стискання найбільш часто використовують афінні перетворення [106], які дозволяють зсовувати, зменшувати чи збільшувати, стискати чи розтягувати зображення з відображенням множини квадратів у множину паралелограмів.

Використання багатократних методів модуляції корегуючих кодів дозволяє знизити вимоги до рівня завад в каналі та впливу міжсимвольних змін і зменшити вірогідність помилки шляхом збільшення часу передачі одного символу кодової комбінації. Ця методика кодування дозволяє підвищити точність інформації, що передається, та забезпечує високу якість передачі та обробки інформації [106, 107].

Можливе застосування програм, що здійснюють кодування й декодування інформації [108] та працюють в режимі надлишкового кодування і практично не вимагають втручання оператора. Програма використовує промисловий стандарт AES, 256-розрядне кодування і є надійним захистом від прямого перебору паролів.

Максимальна довжина контрольних розрядів дорівнює повторній передачі повідомлення (контроль методом дублювання). Для більшої ймовірності передачі достовірної початкової інформації використовуємо контрольні розряди, що самовідновлюють інформацію [109].



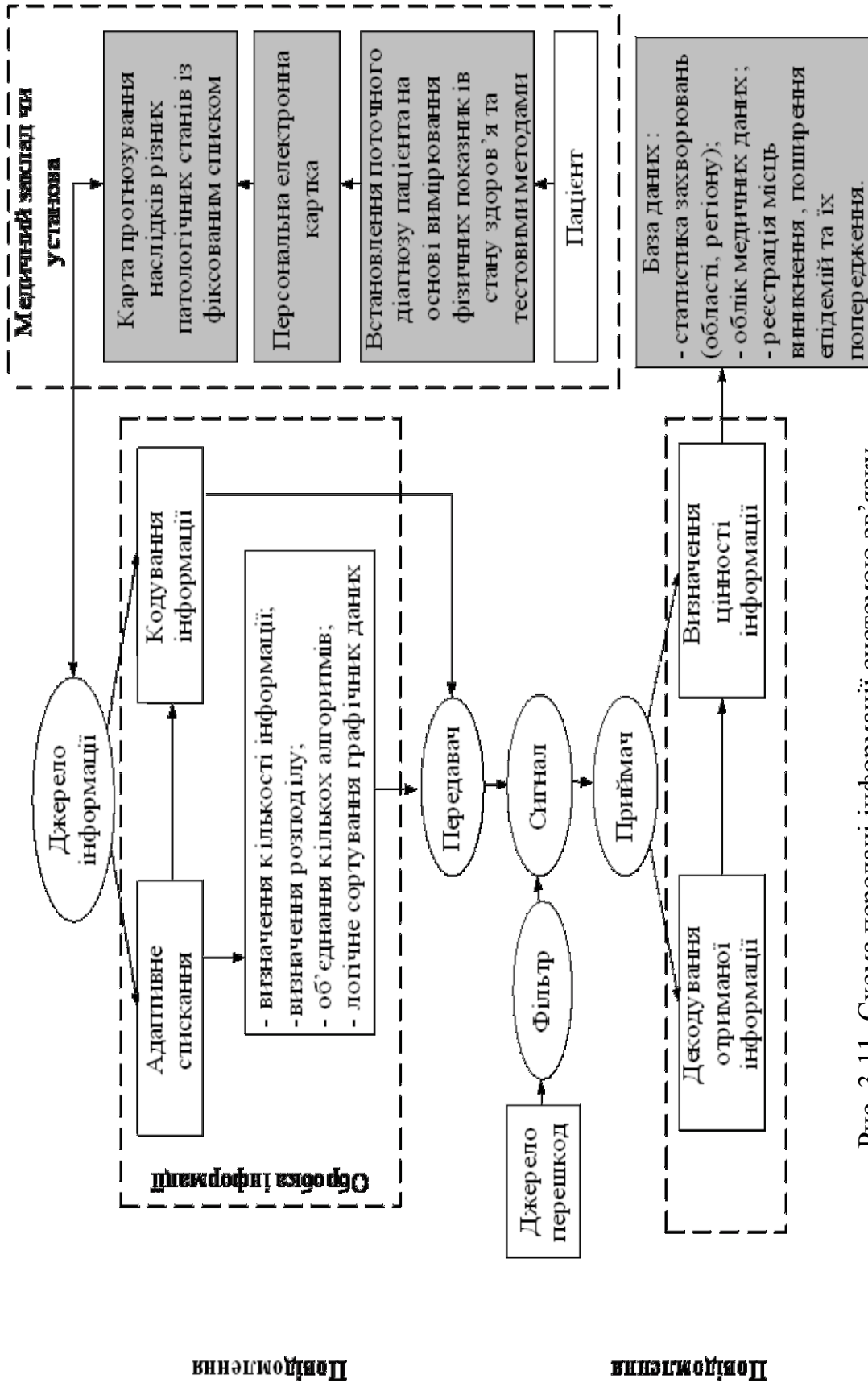


Рис. 3.11. Схема передачі інформації системою зв'язку

Шуми і завади можуть впливати на прийнятий сигнал. Причиною виникнення дрейфу фази в системі є зміна довжини тракту, що найбільш суттєво проявляється при зв'язку через супутник. Для синхронізації передавального і приймального генераторів використовують кола фазової автопідстройки (див. рис. 3.11) [110, 111].

Результат отриманої інформації, після проведення процедури декодування [112] реєструється для створення єдиної бази даних статистики захворювань (області, регіону) з метою попередження виникнення та запобігання поширення епідемій при, наприклад, інфекційних захворюваннях. Оброблена інформація реєструється і зберігається в банку даних, який складається і ведеться з метою забезпечення єдиного обліку та формування єдиного інформаційного фонду статистики медичних документів [113].

Однією з найбільш важливих властивостей інформації є її корисність. Міру цінності інформації [94]  $I_{\text{ц}}$ , згідно з *А. Маркевичем*, визначають як зміну ймовірності досягнення мети в разі отримання цієї інформації:

$$I_{\text{о}} = \log p_1 - \log p_0 = \log \frac{p_1}{p_0}, \quad (3.6)$$

де  $p_0$  – початкова ймовірність досягнення мети;  $p_1$  – ймовірність досягнення мети після отримання інформації.

Таким чином, арифметична сума діагностичної цінності окремих методів значно перевищує їх інтегральну оцінку, що свідчить про їх взаємну доповнюваність в системі діагностики. Найбільш правильна постановка діагнозу проводиться за допомогою набору діагностичних критеріїв, пріоритетність яких можна визначити вищевказаними методами (див. табл. 3.4).

Цей канал зв'язку має достатню пропускну здатність і стійкість до шумів, що сприяє прийняттю найбільш ефективних рішень.

Ці технології обчислення інформативності параметрів і класифікації об'єктів використовуються для аналізу інформації з метою ство-

рення алгоритмів медичного сортування і прогнозування наслідків емоційного стресу.

Розроблені програмні процедури дозволяють проводити аналіз медичної інформації для встановлення причинно-наслідкових зв'язків параметрів та розробки карток прогнозування наслідків різних патологічних станів.

Зазначена технологія використовує алгоритм визначення інформативності ознак предметного середовища, що характеризує розпізнавальні об'єкти чи явища, значення яких складають непараметричні сукупності, що не мають адекватного числового вираження. Класифікація об'єктів розпізнавання заснована на побудові системи еталонів [99].

Наведені методи кодування та декодування забезпечують взаємну однозначність перетворень відображуваної множини  $A$  у множину  $B$ , що її відображує в результаті кодування та оберненого перетворення; економічність кодування, що забезпечується мінімізацією середньої довжини комбінацій, завдяки чому заощаджується час передавання тексту і носіїв інформації та збоєстійкість під впливом тих чи інших перешкод та збоїв.

**РОЗДІЛ 4**  
**МЕДИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ**  
**ДІАГНОСТУВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ – МІС-ДЕС**

**4.1. Розроблення архітектури МІС-ДЕС**

На рис. 4.1 представлена структурна схема біомедичної системи для визначення рівня емоційного стресу, яку можна розглядати як сукупність взаємозв'язаних і взаємодійних складових.

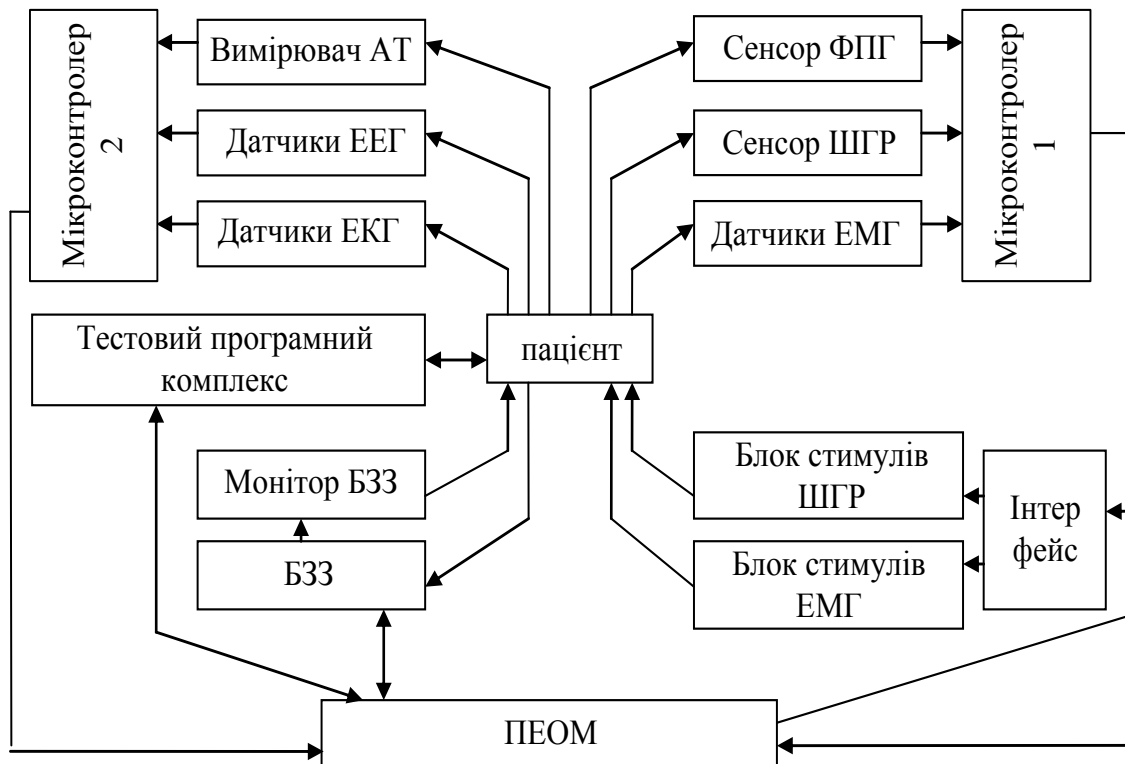


Рис. 4.1. Структурна схема біомедичної системи для визначення рівня емоційного стресу

1. Психологічна складова – тестовий програмний комплекс, призначений для визначення стресостійкості і соціальної адаптації; стану нервової системи; диференційної діагностики депресивних станів; визначення типу особистості та їхніх індивідуально-психологічних якостей пацієнта.

2. Базова фізіологічна складова, яка включає в себе: сенсори фотоплетизмограми (або реограми), шкірно-гальванічної реакції, електро-

міограми, мікроконтролер 1, інтерфейс, блоки формування стимулів ШГР та ЕМГ, ПЕОМ.

Для реєстрації фотоплетизмограми [112] використовується трансмісійний датчик.

Після реєстрації і відповідної обробки фотоплетизмограми в мікроконтролері 1 і ПЕОМ, лікар або психолог отримує частину показників, що характеризують рівень психоемоційного стресу: індекс стресу, часовий та амплітудний показники стресостійкості, показники швидкості розвитку реакції тривоги і шоку тощо.

Реєстрація шкірно-гальванічної реакції здійснюється за допомогою стандартних електродів шляхом вимірювання провідності шкіри постійного струму [113, с. 45–50] з наступним розділенням на тонічну та фазичну складові (рис. 4.2).

Результати роботи методу з реальними зареєстрованими кривими ШГР [114] представлені на рис. 4.3.

На рис. 4.4а, в доповнення до порогів зображена мода. На рис. 4.3б видно, що  $X_0$  забезпечує оптимальне визначення рівня спокою в порівнянні з модою, значення якої в цьому випадку нижче.  $X_1$  достатньо точно визначає рівень середнього фонового збудження. З наведених рисунків стає ясним фізичний зміст  $X_2$  – чим частіше і більше ШГР перевищує рівень  $X_1$ , тим більше  $X_2$  відрізняється від  $X_1$ . Відносно невелике відхилення  $X_2$  від  $X_1$  в розглянутому прикладі пов'язане із невеликим (2 рази) числом перевищень реакцій рівня  $X_1$ .

На основі аналізу співвідношення величин  $X_0$ ,  $X_1$  і  $X_2$  можна судити про емоційний стан людини. Невеликі відхилення  $X_2$  і  $X_1$  від  $X_0$  свідчать про спокійний стан пацієнта, і, навпаки, суттєві відхилення – про збудження чи загальний високий рівень фонові активності, який може бути пов'язаний з високим ступенем концентрації на внутрішньому стані, характерному для інтровертів. Розрізнити ці дві ситуації можна за допомогою психологічного тестування.

В якості показників емоційного стану пацієнта можуть бути використані, наприклад  $\frac{X_1}{X_0}$ ,  $\frac{X_2}{X_0}$ . В ряді методів фазична складова ШГР розглядається з врахуванням ізолінії («нуля, що дрейфує»). В цьому випадку  $X_0 \approx 0$  і доцільно використовувати такі показники, як  $X_1 - X_0$  та  $X_2 - X_0$ .

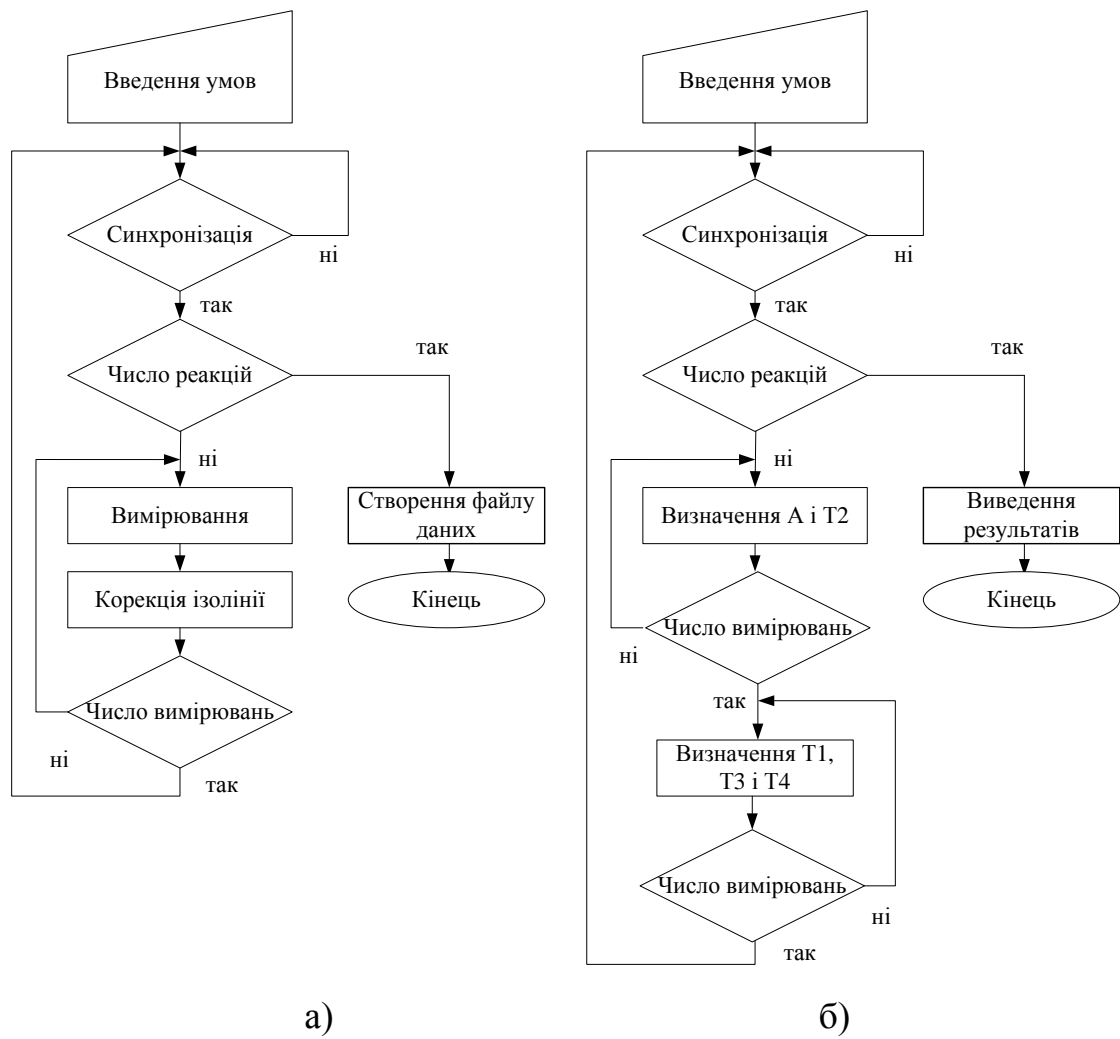


Рис. 4.2. Алгоритм уведення (а) сигналу ШГР у мікроконтролер і алгоритм обчислення (б) параметрів сигналу ШГР

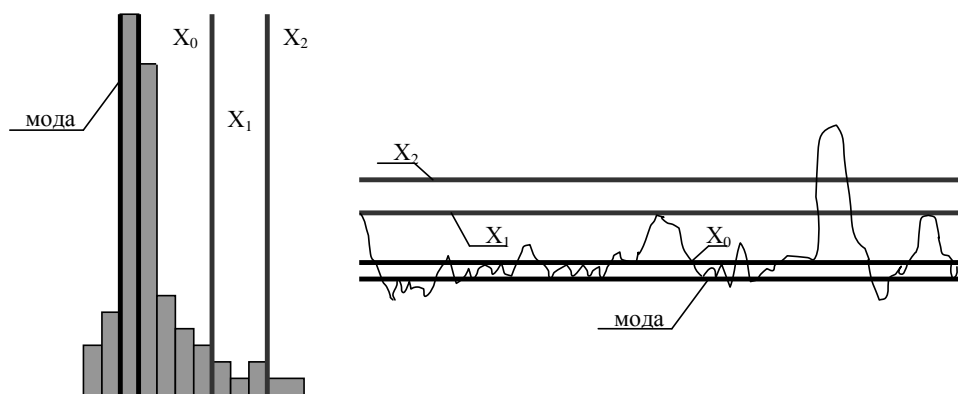


Рис. 4.3. ШГР: а – рівні на гістограмі значень ШГР; б – рівні на графіку ШГР

Реєстрація електроміограми здійснюється в стандартних відведеннях за класичною методикою, що дозволяє отримати та оцінити реакцію нервово-м'язової системи та дію психоемоційного стресу за такими показниками: ЛЧН, ЛЧР, потужність м'язу, Н і М відгуки та їх співвідношення.

Подразники, що використовуються при реєстрації ШГР та ЕМГ, формуються відповідними блоками формування впливів ШГР та ЕМГ [113, 115].

3. Складова біологічного зворотного зв'язку. Створення алгоритмів автоматизації психофізіологічних досліджень привело до створення методу БЗЗ – біологічного зворотнього зв'язку, який отримав розповсюдження і застосування в клінічній і психологічній практиці. В більшості випадків при проведенні процедур БЗЗ реєструється один або декілька показників діяльності тієї чи іншої фізіологічної системи організму пацієнта або декількох систем. Найчастіше БЗЗ використовується при станах пацієнта, близьких до нормальних, коли не потрібні чисельні дослідження та обстеження для встановлення діагнозу і призначення відповідного лікування.

4. Додаткова фізіологічна складова, до складу якої входять: мікроконтролер 2, датчики ЕЕГ та ЕКГ, вимірювач артеріального тиску, призначена для проведення обстежень пацієнтів, у яких при дослідженні за допомогою базової фізіологічної і психологічної складових, виявлені відхилення, що потребують поглибленого аналізу та корегування. Одним із таких методів є дослідження варіабельності серцевого ритму (ВСР) та кардіоінтервалограм (КІГ), методів спектрального аналізу, ЕЕГ.

Графічний аналіз флуктуацій R–R інтервалів в кардіосигналі чи пульсовій хвилі показує (рис. 4.4), що ці коливання не можна вважати не тільки гармонійними, але і сумою декількох гармонійних компонентів, тобто ці флуктуації, навіть якщо являють собою власні коливання декількох систем регулювання, то обов'язково враховують взаємний вплив одних систем регулювання на інші. Внаслідок цього змінюються частота і форма компонент цих флуктуацій, і, відповідно, їх спектральний аналіз не дає досить повної діагностичної інформації про системи регулювання. У цій ситуації традиційно переходять на

аналіз форми сигналу, зокрема, що представляє собою флуктуації R–R інтервалів, пропонуючи для цього різні, в основному не параметричні, методи аналізу сигналів. Найбільшого успіху в такому аналізі домоглися психіатри, які займаються вивченням зв'язку форми цього сигналу з проявами порушення психіки, що супроводжуються змінами в системах регулювання різних органів і систем людини.

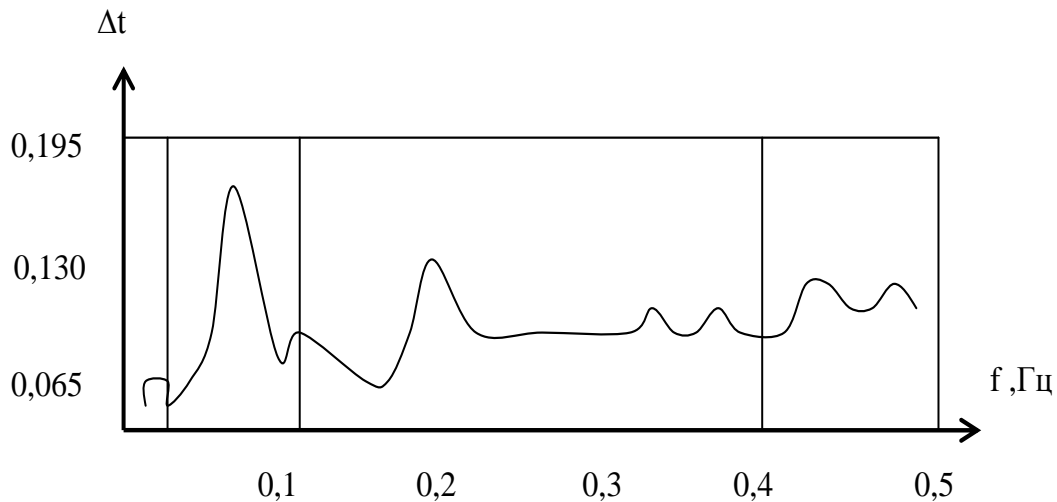


Рис. 4.4. Спектри флуктуацій R–R інтервалів серцевого ритму

Фахівці асоціації ВАСТ провели розширені дослідження з розробки нових непараметричних алгоритмів аналізу сигналів, які частково зберігають властивості спектрального перетворення *Фур'є* й одночасно дозволяють аналізувати форму кожної з компонентів сигналу, що мають різні періоди (частоти).

Моделі модульованих коливань, як показали дослідження, найбільш успішно описують функціонування складних об'єктів, що включають в себе не тільки групу джерел коливань, але і каналів їх передачі і охоплені глибокими зворотними зв'язками, що змінюють властивості не тільки джерел коливання, але і каналів їх передачі. Такі моделі допомагають досліджувати характеристики і властивості систем регулювання без втручання в їх роботу, зокрема без розмикання систем зворотного зв'язку. Вивчення форми коливань через керування параметрами каналів передачі цих коливань дає можливість виявити



навіть незначні відхилення від нормального функціонування складних систем регулювання людини.

## **4.2. Вибір елементної бази**

### **4.2.1. Обґрунтування вибору мікроконтролера**

В якості базового мікроконтролера вибрано одну із останніх моделей фірми Atmel – мікроконтролер ATmega128A1 – високопродуктивний восьми розрядний мікроконтролер сімейства Xmega з архітектурою RISC і продуктивністю 32 MIPS при тактовій частоті 32 МГц (рис. 4.5).

Мікроконтролер має 128 кБ Flash, 8 кБ завантажувальної області, 8 кБ SPAM і 2 кБ EEPROM, а також чотириканальний DMA-контролер.

В ATmega128A1 доступні інтерфейси USART, SPI, TWI і 12-розрядний АЦП і ЦАП; передбачено п'ять режимів енергозбереження [116, 117].

Відмітні здатності:

- високопродуктивне восьмирозрядне ядро AVR (RISC) з апаратним множенням;
- пам'ять:
  - 128 кБ Flash,
  - 2 кБ EEPROM,
  - 8 кБ SPAM;
- чотириканальний DMA-контролер;
- Інтерфейси:
  - до 8 USART,
  - TWI,
  - SPI;
- 12-розрядний АЦП;
- 12-розрядний ЦАП;
- п'ять режимів пониженого енергоспоживання;
- 78 виводів GPIO;
- функція криптографічного шифрування;

- напруга живлення: 1,6...3,6 В;
- температурний діапазон: -40 °С ...+85 °С;
- тип корпусу: TQFP-100.

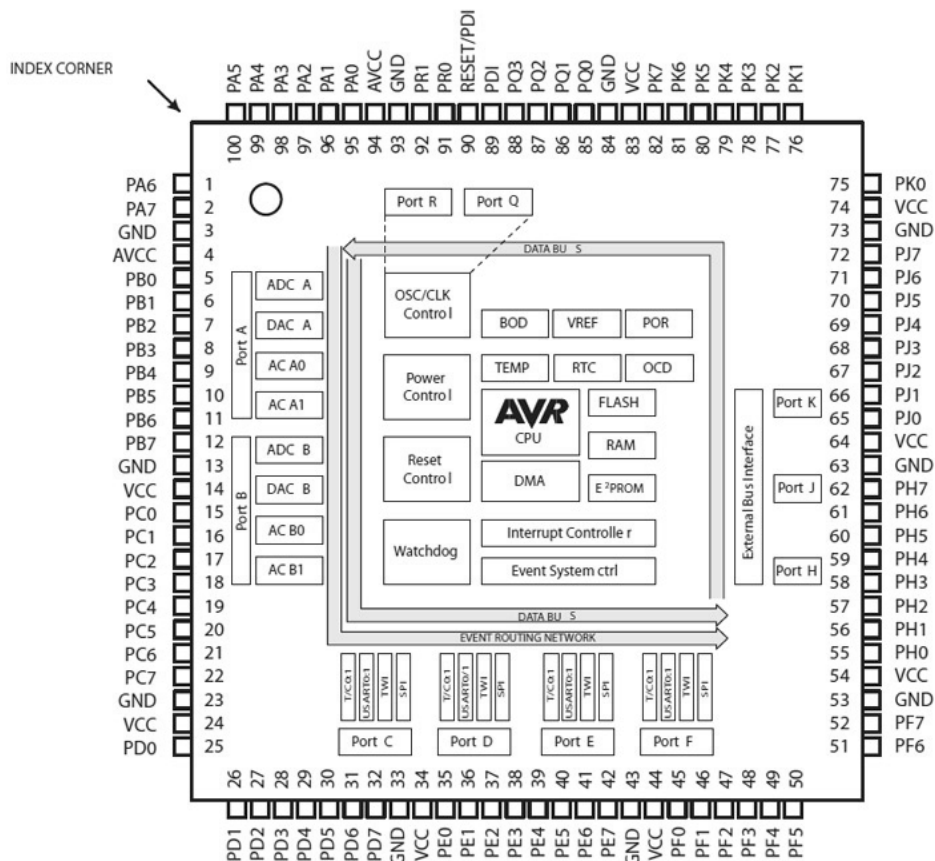


Рис. 4.5. Функціональна схема ATmega128A1

Основні особливості мікроконтролера AVR XMEGA [117]:

- продуктивність до 32 MIPS;
- низьке енергоспоживання (технологія *riCoPower* другого покоління);
  - інноваційна система обробки подій «Event System», яка забезпечує незалежну від ЦДП швидкодійну передачу даних між інтегрованими периферійними пристроями;
    - контролер прямого доступу до пам'яті;
    - контролер багаторівневих переривань, який підтримує пріоритети переривань і немасковані переривання;

- швидкодійні 12-бітні АЦП і ЦАП;
- підтримка криптографічних алгоритмів AES і DES.

Мікроконтролери ATXMEGA128A1-AU [117] працюють при напрузі живлення від 1,6 В до 3,6 В і досягають продуктивності 32 MIPS на тактовій частоті 32 МГц. Мікроконтролери мають флеш-пам'ять об'ємом 128 кбайт і виконані в 100-вивідному корпусі TQFP (табл. 4.1). Мікроконтролери AVR XMEGA являються мікроконтролерами загального призначення і можуть застосовуватися в широкому діапазоні пристроїв, таких як аудіосистеми, системи ZigBee®, медична техніка, промислове обладнання, системи автоматизації, комунікаційне обладнання, вимірювальні прилади, оптичні трансивери, системи управління електроприводами, побутове електрообладнання, системи клімат-контролю і прилади з батарейним живленням.

Таблиця 4.1

#### Основні особливості мікроконтролера ATxmega128A1-AU

Найменування	ATxmega128A1-AU
Flash, кбайт	128
SRAM, кбайт	8
EEPROM, кбайт	2
Кількість ліній вводу/виводу	78
Кількість каналів ШІМ	24
Кількість 16-бітних таймерів	8
Кількість SPI/TWI/USART	4/4/8
12-бітний АЦП	2×8
12-бітний ЦАП	2×2
Кількість аналогових компараторів	4
Корпус	TQFP

Мікроконтролери AVR XMEGA [117] підтримуються основними засобами розробок для AVR-контролерів – AVRISP2, AVR Studio, JTAGICE2, компілятор IAR Systems. Також компанія Atmel пропонує новий стартовий набір STK600 і внутрішньосхемний налаштовувач AVR ONE!, які підтримують всі мікроконтролери AVR, включаючи XMEGA і 32-розрядні AVR32 UC3, AVR ONE.

#### **4.2.2. Вибір елементної бази для первинних перетворювачів біомедичної інформації**

Для вирішення задачі підсилення сигналів застосовуються операційні або інструментальні підсилювачі. Для додатків, де необхідна висока точність і стабільність, від мікросхем вимагаються низький рівень ЕРС-шумів при високій лінійності, а також низьку напругу зміщення (зазвичай приводиться до входу) і низький температурний дрейф цієї напруги. Струм зміщення зі своїм температурним дрейфом також може внести свою частку в помилку вимірювання, але його вплив останнім часом послаблений значним зниженням вхідного струму. При роботі з високоомними джерелами його треба враховувати, як і рівень струмових шумів. Ще одним параметром, який суттєво впливає на точність вимірювання, особливо за умов сильних завад, є рівень придушення синфазних сигналів. Серед вихідних параметрів підсилювачів, які впливають на точність, необхідно виділити швидкість наростання і час встановлення вихідної напруги.

**Операційні підсилювачі.** Операційний підсилювач MAX410/2/4 [118] має гарантовану щільність шуму на частоті 1 кГц не більше 2,4 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$  (типове значення 1,5 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ ). Для оптимізації цього параметра необхідно відмовитися від струмообмежувальних резисторів, які зазвичай включають послідовно з діодами на вході для захисту від підвищеної диференціальної напруги. Окрім низького рівня шумів, ОП MAX410/2/4 має дуже високу точність і стабільність (табл. 4.2), що дозволяє використовувати його для буферизації 24-розрядного АЦП MAX11040 (рис. 4.6). MAX410 має варіант поставки в мініатюрному корпусі TDFN.

Таблиця. 4.2

## Параметри прецизійних ОП Maxim

Найменування	Напруга живлення (струм спожив., тип., мкА), В	Вхідний струм, макс., нА	Напруга зміщення, подана на вхід, макс., мкВ (тем. дрейф, макс., мкВ/°С)	Щільність шуму, приведена до входу, нВ/√Гц (f=1 кГц)	Частота одиничного підсилення, МГц	Особливості, корпус
MAX4236/7	2,4...5,5 (350)	0,5	20 (2)	14	1,7/7,5	Ультрапрецизійний (SOT-23, mMAX, SO)
MAX4238/9	2,7...5,5 (600)	0,001, тип.	2 (0,01, тип.)	30	1/6,5	Ультрапрецизійний, автокомпенсація зміщення шуму 1/f (TDFN, SOT-23, SO)
MAX4249-57	2,4...5,5 (420)	0,1	750 (0,3, тип.)	8,9	3/22	Малешумний, ультралінійний (UCSP, SOT-23, mMAX, SO)
MAX4475-78/88/89	2,7...5,5 (2,5)	0,15	350 (6)	4,5	10/42	Малешумний, ультралінійний (TDFN, SOT-23, mMAX, SO)
MAX410/2/4	±2,7...±5,25 (2500)	150	250 (1, тип.)	1,5	28	Ультрамалешумний (TDFN, SO, DIP)
MAX4074/5	2,5...5,5 (37)	1	200, тип. (0,3, тип.)	—	4, G>=25	З фіксованим коеф. підсилення (54 значення), захист входів ±17 В (SOT-23, mMAX, SO)
MAX4174/5 MAX4274/5	2,5...5,5 (355)	10	500, тип. (5, тип.)	—	23, G>=25	З фіксованим коеф. підсилення (54 значення), захист входів ±17 В (SOT-23)

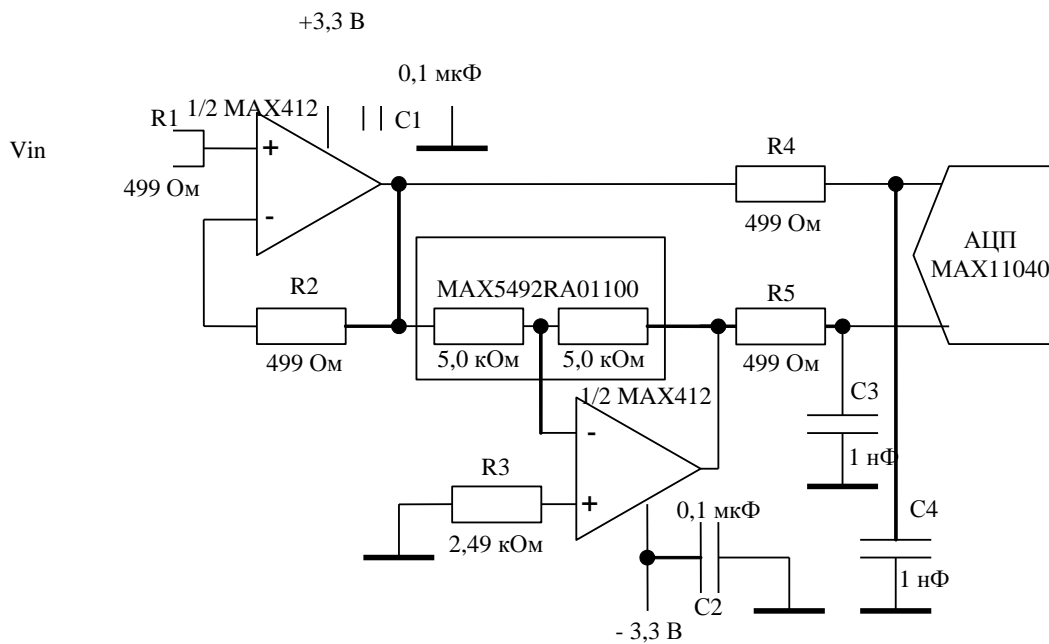


Рис. 4.6. Схема буферизації диференціального входу 24-бітного АЦП за допомогою ОП

Ультралінійний малощумний широкосмуговий підсилювач MAX4475–78/88/89 має сумарний рівень спотворення і перешкод 0,0007 % на частоті 20 кГц і навантаженні 10 кОм. Щільність шуму на частоті 1 кГц складає 4,5 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ , напруга зміщення і температурний дрейф, які приведені до входу складають відповідно  $\pm 70$  мкВ і  $\pm 0,3$  мкВ/ $^{\circ}\text{C}$ .

Радикально вирішити проблему зміщення і температурного дрейфу дозволяє метод автокорекції, який полягає в постійному періодичному вимірюванні напруги зміщення і його компенсації. Це також дозволяє ефективно боротися з шумами  $1/f$  в низькочастотному діапазоні. Ранні реалізації цього методу потерпали від багатьох характерних недоліків, включаючи достатньо високий рівень шумів на частоті роботи системи і тривале відновлення після насичення. Оригінальна запатентована система автокорекції, застосована в ОП MAX4238/9, працює з псевдовипадковим настроюванням частоти (spread-spectrum) в діапазоні від 10 до 15 кГц. Щільність шуму на частоті 1 кГц складає 30 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ , а розмах напруги шуму в діапазоні частот від 0,01 до 10 Гц, приведеної до входу, не перевищує

1,5 мкВ. Підсилювач має дуже низький вхідний струм 1 пА і рекордно низьку напругу зміщення і температурний дрейф – відповідно  $\pm 0,1$  мкВ і  $\pm 10$  нВ/°С.

Для встановлення необхідного коефіцієнта підсилення зручно використовувати мікросхему в мініатюрному корпусі SOT-23 з двох взаємоузгоджених резисторів MAX5490/1/2. Крім цього існують ОП із вбудованими резисторами – MAX4074/5, MAX4174/5 і MAX4274/5 (рис. 4.7). Відмінною особливістю цих мікросхем є наявність захисту входів від перенавантаження за напругою до  $\pm 17$  В. Кожен з підсилювачів має на вибір 54 значення відношення резисторів  $R_f/R_g$  в межах від 0,25 до 100 з точністю 0,1 %.

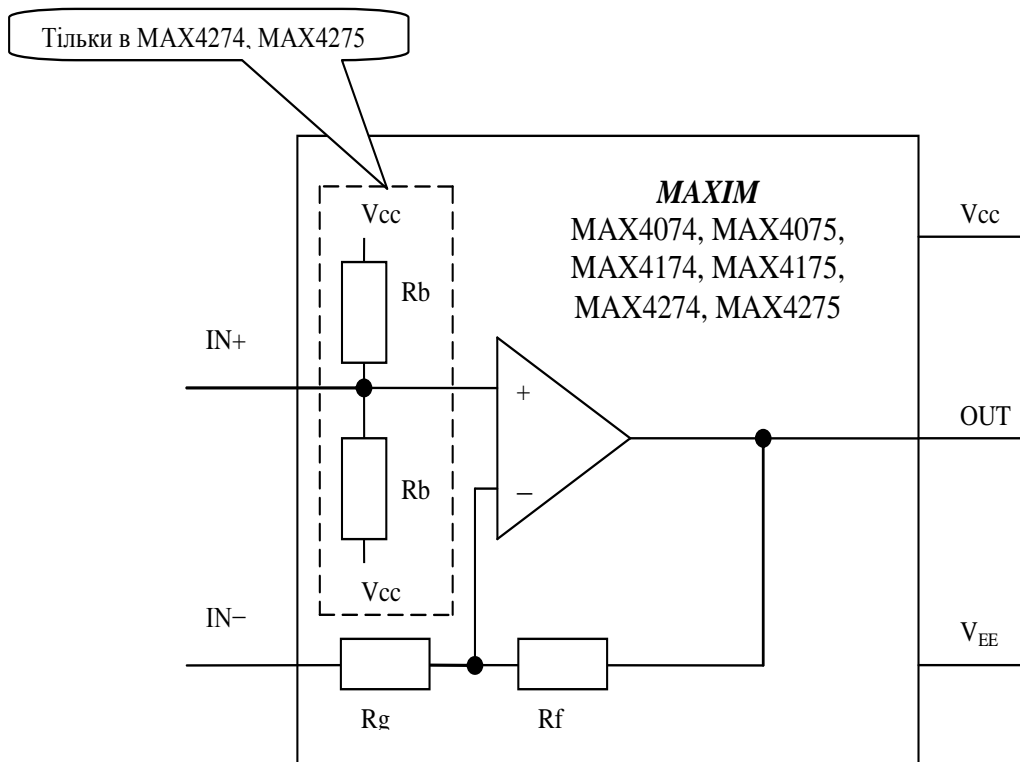


Рис. 4.7. Схема ОП з фіксованим коефіцієнтом підсилення

ОП MAX4274/5 має також резистивний дільник для встановлення зміщення, рівного половині напруги живлення.

**Інструментальні підсилювачі.** Класична схема побудови інструментального підсилювача зображена на рис. 4.8. Таку архітектуру мають мікросхеми MAX4194–97 (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

### Параметри інструментальних підсилювачів Maxim

Найменування	Напруга живлення, В (струм спожив., тип., мкА)	Вхідний струм, макс., нА	Напруга зміщення, подана на вхід, макс., мкВ (темп. дрейф, макс., мкВ/°С), G=10	Щільність шуму, прив. до входу, нВ/√Гц ( $f = 1$ кГц, G=10)	Діапазон вхідної напруги, В, при $V_{CC}=5$ В	Особливості, (корпус)
MAX41 94-97	2,7...7,5 (93)	20	225 (2)	31	-0,2...+3,9	Прецизійний, класична архітектура (SO)
MAX41 98/9	2,7...7,5 (45)	-	300 (3)	39	-0,1...+5,1	Прецизійний диференційний підсилювач (mMAX, SO)
MAX44 60/1/2	2,85...5,25 (800)	0,1	250 (1,5, тип.)	38	-0,1...+3,3	Архітектура indirect current-feedback (TDFN, SOT-23, SO)
MAX42 08/9	2,85...5,5 (750)	0,001, тип.	20 (0,2)	140	-0,1...+3,7	Ультрапрецизійний, архітектура indirect current-feedback, автотоккомпенсація зміщення і шуму 1/f (mMAX)



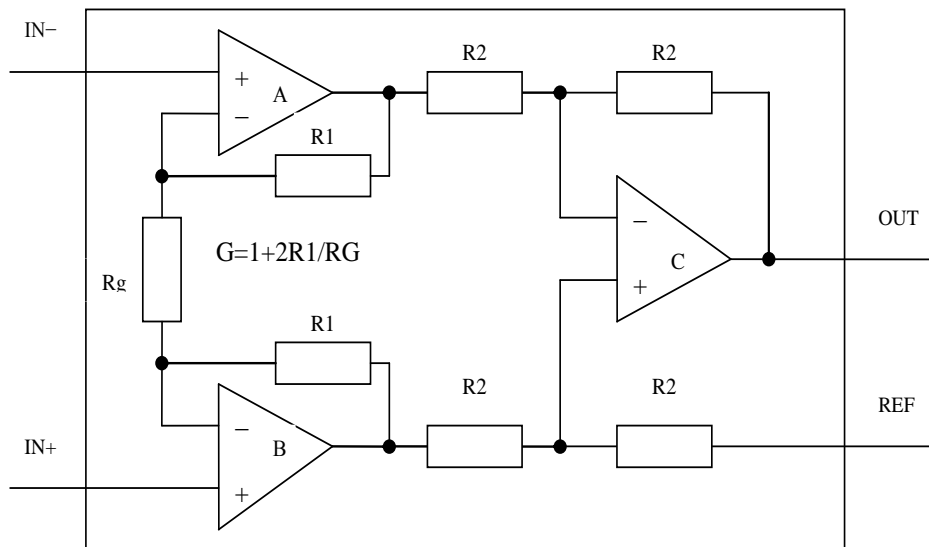


Рис. 4.8. Схема інструментального підсилювача з традиційною архітектурою з трьох ОП

Не дивлячись на широке розповсюдження, схема із трьох ОП має суттєвий недолік, який накладає значні обмеження при однополярному живленні. Це виражається в обмеженні допустимого діапазону входних синфазних напруг ( $V_{cm}$ ) через насичення першого каскаду (підсилювачі А і В), оскільки він має коефіцієнт передачі рівний одиниці для  $V_{cm}$ . На рис. 4.9а наведена робоча область для  $V_{ref}$ , що дорівнює половині напруги живлення ( $V_{cc}$ ).

Всередині шестикутника знаходиться область допустимих синфазних напруг. При однополярному живленні найбільш оптимальне використання інструментального підсилювача досягається при розмаху вихідної напруги від «землі» до напруги живлення. В цьому випадку область допустимих синфазних напруг знаходиться в заштрихованому прямокутнику, тобто губиться область в районі «нуля».

Враховуючи те, що на даний час розробники все частіше відмовляються від двополярного живлення, особливо в пристроях із живленням за рахунок батареї, компанією Maxim була розроблена і запатентована принципово нова архітектура інструментального підсилювача indirect current-feedback (рис. 4.10). Вона дозволяє значно розширити допустимий діапазон входної синфазної напруги і задіяти область в районі нуля.

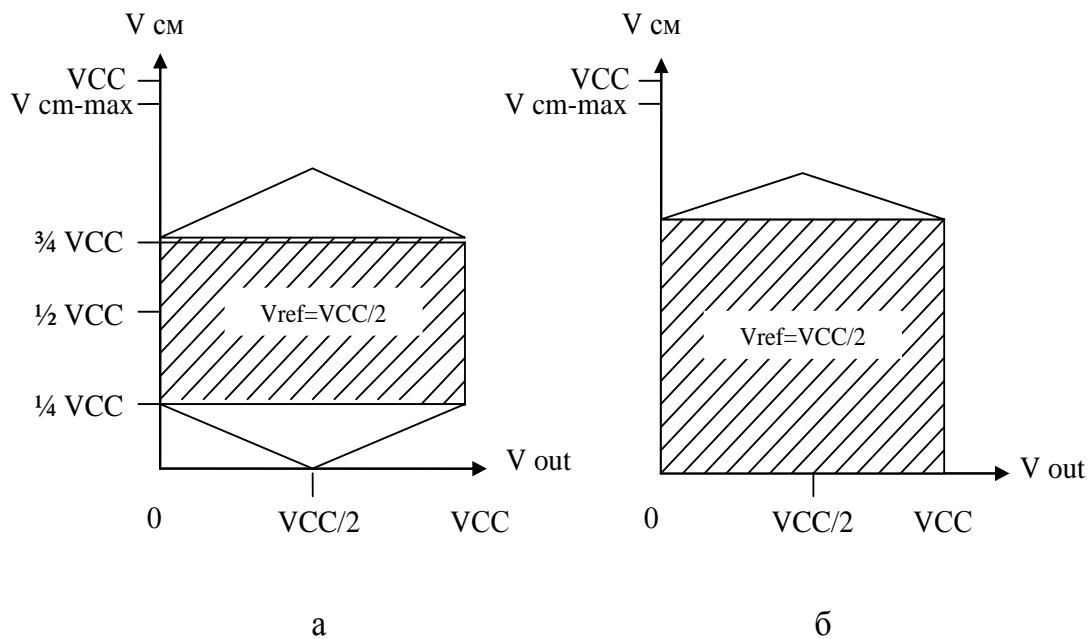


Рис. 4.9. Робоча область вхідного синфазної напруги при  $V_{ref} = V_{cc}/2$  для: (а) традиційного інструментального підсилювача, (б) підсилювача з архітектурою «indirect current-feedback»

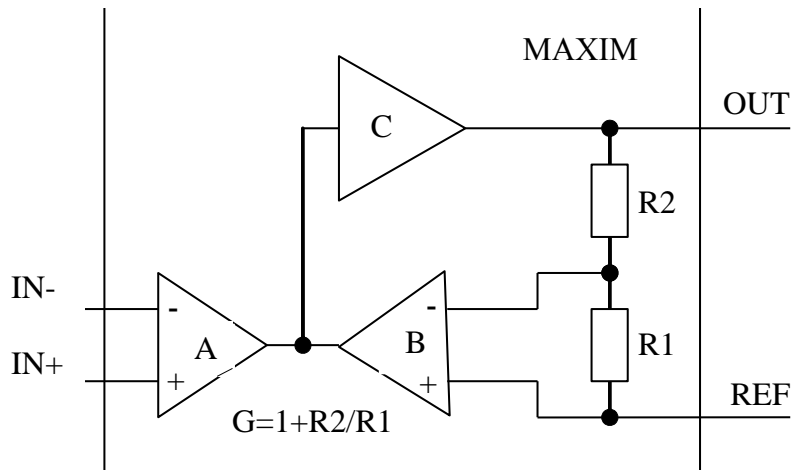


Рис. 4.10. Схема інструментального підсилювача з архітектурою «indirect current-feedback»

Архітектуру «indirect current-feedback» мають мікросхеми MAX4460/1/2 і MAX4208/9. Інструментальні підсилювачі MAX4208/9 оснащені оригінальною системою автокорекції, аналогічною тій, що застосовується в ОП MAX4238/9, а також буферним підсилювачем

напруги  $V_{ref}$ . Розмах напруги шуму в діапазоні частот від 0,1 до 10 Гц мікросхем MAX4208/9, приведений до входу, не перевищує 2,5 мкВ, а напруга зміщення і температурний дрейф складають відповідно  $\pm 3$  мкВ і  $\pm 10$  нВ/°С.

Компанією Texas Instruments розроблена велика кількість промислових підсилювачів з малим споживанням і низьковольтних операційних підсилювачів з функціями, які задовольняють різні потреби. ОП може бути одночасно швидкодіючий, малошумний, з вихідною напругою, близькою до напруги живлення і т. п. Полегшити процес вибору дозволяє інтерактивний ресурс параметричного пошуку [119].

Малопотужними є підсилювачі, струм споживання яких в стані спокою не перевищує 1 мА. В таблиці 4.4 представлені малопотужні ОП виробничої лінії BURR–BROWN [120]. Операційні і інструментальні підсилювачі цієї лінії є основними складовими сучасних вимірвальних і управляючих систем, призначених для детектування і підсилення слабких сигналів.

Кожна з груп ОП має такі відмінні параметри:

- високоточні ОП мають напругу зміщення менша 500 мкВ;
- малошумні ОП характеризуються напругою шумів не більшою 20 нВ/ на 1 кГц;
- вхідний струм зміщення ОП з малим вхідним струмом не перевищує 100 пА (ОРА7хх, ОРА6хх);
- смуга пропускання широкосмугових ОП досягає 5 МГц;
- ОП, орієнтовані на роботу при пониженої напрузі живлення, працездатні при напрузі нижчій 2,7 В;
- мікроспоживаючі ОП мають струм споживання 50 мкА на канал;
- ОП з виходом Rail-to-Rail забезпечують максимально можливий розмах вихідної напруги (в межах напруги живлення ОП), що дозволяє отримати найширший динамічний діапазон.

ОП загального призначення мають середні показники по всіх групах параметрів і застосовуються у виробках, де однією із найважливіших потреб є низька ціна [121].

Таблиця. 4.4

**Малопотужні операційні підсилювачі Texas Instruments із  
виробничої лінії BURR-BROWN**

ОП	Кількість каналів	Вхід, викл	$V_{\zeta i}$ (дрейф $V_{\zeta i}$ ), мВ (мкВ/°С)	Шум (1 кГц) нВ/√Гц	$I_{\zeta i}$ , пА	$f$ , МГц	Швидк. нарост., В/мкс	Напруга живлення, В		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ОРАу*277	1/2/4	—	0,02 (0,1)	8	1000	1	0,8	2...18	—	ні
ОРАу234	1/2/4	—	0,1 (0,5)	25	25000	0,35	0,2	2,7...36	так	ні
ОРАу241	1/2/4	—	0,25 (0,4)	45	20000	0,035	0,01	2,7...36	так	вих
Малешумні широкосмугові										
ОРАу130	1/2/4	—	1 (2)	16	20	1	2	2,5...18	—	—
ОРАу137	1/2/4	—	3 (25)	45	100	1	3,5	2,5...18	—	—
КМОП ОП з малим Ізм										
ОРАу336	1/2/4	—	0,125	40	10	0,1	0,03	2,3...5,5	так	вих
ОРА у340	1/2/4	ε	0,5 (2,5)	25	10	5,5	6	2,7...5,5	так	вх/вих
ОРАу 347	1/2/4	—	6 (2)	60	10	0,35	0,17	2,3...5,5	—	вх/вих
ОРАу348	1/2/4	—	5 (2)	35	10	1	0,5	2,3...5,5	—	вх/вих
ОРАу349	1/2/4	—	0,5 (2)	300	15	0,07	0,02	1,8...5,5	—	вх/вих
ОРАу364	1/2/4	—	0,5 (2)	17	10	7	5	1,8...5,5	так	вх/вих
ОРАу379	1/2/4	—	1 (4)	80	10	0,09	0,015	1,8...5,5	—	вх/вих
ОРАу703/4	1/2/4	—	0,75 (4)	45	10	1	0,6	4...12	так	вх/вих
Прецизійні										
ОРАу381	1	ε	0,025 (0,1)	10	50	18	12	2,7...5,5	так	вих
ОРАу333	1/2	—	0,01 (0,05)	1μ V <sub>р-р</sub>	50	0,35	0,05	1,8...5,5	так	вх/вих
ОРАу335	1/2	—	0,005 (0,02)	1/4μ V <sub>р-р</sub>	200	2	1,6	2,7...5,5	так	вих
ОРАу734	1/2	—	0,005 (0,05)	150	200	1,6	1,5	2,7...12	так	вих
*у – кількість каналів для всіх найменувань			Прецизійні V <sub>см</sub> ≤ 500 мкВ	Малешумні ≤ 20 нВ/√Гц	Мале вхідне зміщення ≤ 100 пА	Швидкодіючі ≥ 5 МГц	—	—	Однополярне живлення	Повний розмах напруги

Сімейство КМОП ОП ОРА363 (із входом вимикання) і ОРА364 призначені для використання в пристроях з однополярною і низькою напругою живлення. Живлення можливе від джерела від 1,8 В (±0,9 В) до 5,5 В (±2,25 В). Ці ОП ідеальні для підсилення сигналів датчиків в системах з живленням від батареї (рис. 4.11). Вони оптимізовані для роботи спільно зі середньошвидкісними АЦП (до 100 кГц). Діапазон робочих температур цих ОП від 40 °С до 125 °С.

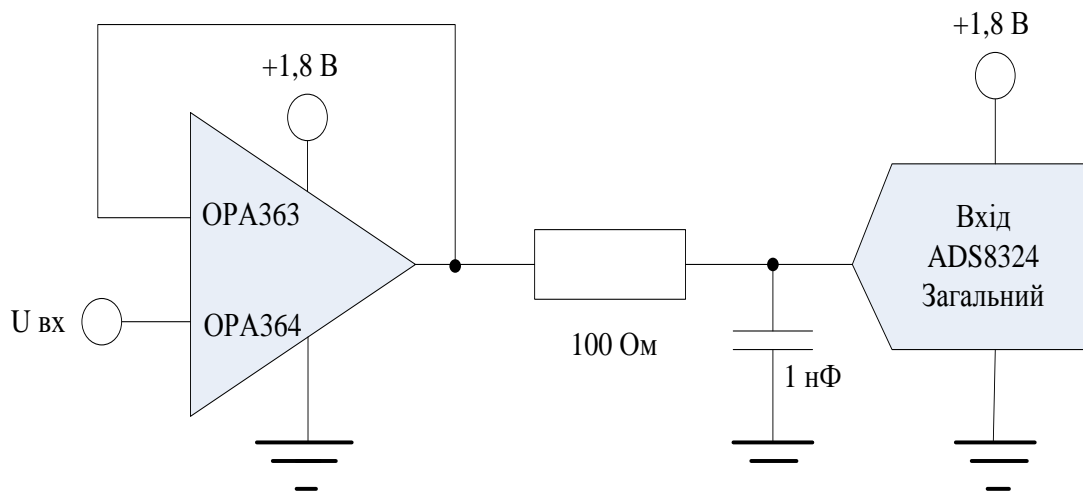


Рис. 4.11. Функціональна схема включення OPA363

Нове сімейство операційних підсилювачів має пропускну здатність (90 кГц) і низький струм зміщення (25 пА). Одинарні ОП OPA379 постачаються в корпусах SC70–5, SOT23–5 і SO–8, здвоєні OPA2379 – в корпусах SOT23–8 і SO–8, зчетверені OPA4379 – в TSSOP-14. Для всіх версій характерний розширений температурний діапазон: від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . OPA379 – це прецизійні операційні підсилювачі з низьким енергоспоживанням, розроблені спеціально для пристроїв з живленням від батареї. Вони працездатні при напрузі живлення від 1,8 В до 5,5 В і забезпечують високу ефективність підсилення сигналу і дуже низький рівень шуму  $80\text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ . Підсилювачі мають смугу пропускання 90 кГц (одиничне підсилення) при струмі спокою всього 2,9 мкА. Стан таких параметрів як точність по постійному струму – 1,5 мВ; коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу CMRR – 100 дБ; напруга зміщення відносно напруги живлення PSRR 2 мкВ/В і коефіцієнт посилення при розімкнутій петлі зворотного зв'язку AOL 120 дБ, дозволяють застосовувати дані підсилювача для розробки пристроїв, які потребують високої точності і низького енергоспоживання. До рекомендованих областей застосування відноситься спільна робота з малопотужними мікроконтролерами MSP430 в портативних медичних приладах, віддалених датчиках, детекторах диму і безпроводних вимірювальних пристроях.

На рис. 4.12 показані типові схеми застосування ОРАу379: в схемі визначення розряду батарейного джерела (рис. 4.12а) і схемі контролю струму (рис. 4.12б).

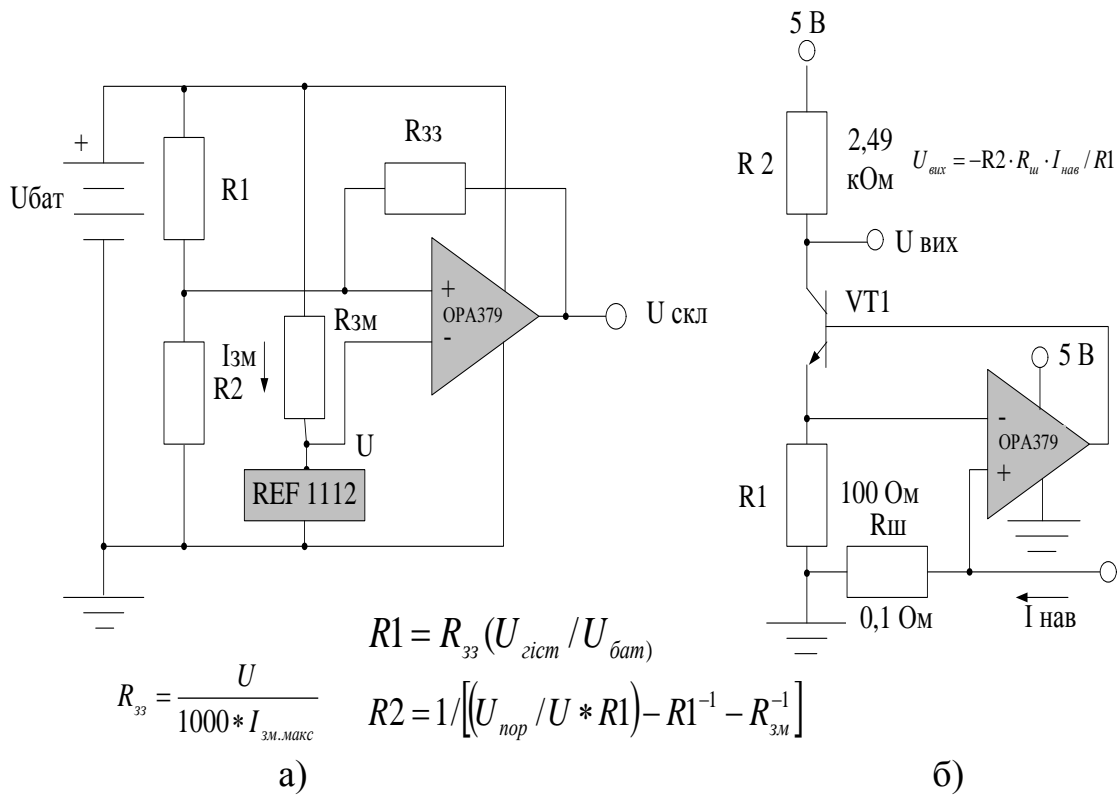


Рис. 4.12. Типові параметри використання ОРА379

В схемі на рис. 4.12а напруга  $U_{\text{скл}}$  має високий рівень до тих пір, поки напруга батарейного джерела не нижча 2 В. При заданні порогу спрацювання використовується малопотужне джерело порогової напруги. Схема на рис. 4.12б може використовуватися в джерелах живлення для реалізації функцій обмеження струму і захисту від перенавантаження. В ній ОРА379 контролює струм через шунтовий резистор номіналом 0,1 Ом. NPN-транзистор VT1 (2N2222 чи подібний) використовується для генерації рівних напруг на інвертованому і неінвертованому входах. Падіння напруги на резисторах R1 і R<sub>ш</sub> еквівалентні, а струм, що протікає через VT1, прямо пропорційний струму через резистор R<sub>ш</sub>. По мірі збільшення струму навантаження збільшується струм через VT1, зростає падіння напруги на R2 і, відповідно, знижується вихідна напруга  $U_{\text{вих}}$ .

### **4.3. Особливості побудови алгоритмічно-програмного забезпечення МІС-ДПС**

#### **4.3.1. Вибір програмного середовища**

Апарат диференціального числення є одним з основних при моделюванні фізіологічних процесів. Живі системи володіють спонтанною динамікою. Крім цього, зв'язки між різними компонентами об'єкта, що моделюється, можуть виражатися через власну динаміку. При цьому вимірювані величини виступають в рівняннях як параметри і змінні. Параметри – це величини, які підтримуються незмінними протягом часу спостереження за системою. Змінні – величини, які функціонально пов'язані із значеннями параметрів.

Останнім часом стало тенденцією створення моделей, здатних відобразити багаторівневі життєві процеси [105]. Враховуючи це, виникає необхідність забезпечити користувача засобами доступу до кожного рівня загальної моделі, яка може містити групи параметрів і підмоделі різного призначення [110]. Крім того, складність системи, що моделюється вимагає наявності в програмі не тільки математичного рівня, що дає математичне формулювання проблеми, але і фізіологічного, такого, що представляє проблему в термінах наочної області [105, 110].

Система GPSS World компанії Minuteman Software (США) – потужне середовище комп'ютерного моделювання загального призначення, розроблене для професіоналів в області моделювання [110]. Розробники декларують такі можливості системи: візуалізацію процесу моделювання, вбудовані елементи статистичної обробки даних, інтерактивність, використання механізму віртуальної пам'яті, багатозадачність і багатопоточність. При цьому для психофізіолога існує необхідність вивчення достатньо складної внутрішньої мови.

Any Logic – інструмент імітаційного моделювання, що об'єднав методи системної динаміки, «процесного» дискретно-подієвого і агентного моделювання в одній мові і одному середовищі розробки моделей. До Any Logic включені засоби аналізу даних і великий набір елементів графіки; підтримується безліч різноманітних типів експериме-

нтів з моделями: простий прогін, порівняння прогонів, варіювання параметрів, аналіз чутливості, оптимізація, а також довільний експеримент за призначеним для користувача сценарієм [105]. При цьому система має достатньо високі системні вимоги і для її використання необхідно вивчити велику кількість документації.

BIOUML (Biological Unified Modeling Language) – інтегроване розширюване середовище для візуального моделювання біологічних систем. Математичні моделі будуються на основі їх графічних діаграм (з кожним ребром графа асоціюється набір диференціальних рівнянь) з подальшою автоматичною генерацією моделей на мові MATLAB для їх чисельного вирішення і аналізу [110]. Для нескладних систем переваги візуальної побудови моделі перебиваються необхідністю будувати моделі ієрархічно, створюючи при цьому двокомпонентну структуру і використовуючи MATLAB.

Спеціалізованим програмним забезпеченням, орієнтованим на моделі із звичайних диференціальних рівнянь, є створений в рамках проекту National Simulation Resource (NSR) засіб моделювання JSim – програмне забезпечення, що дозволяє проводити експерименти з моделями відкритого стандарту [105, 110]. JSim розповсюджується вільно; крім того результати моделювання можна проглядати у вигляді аплету, не встановлюючи програму, а відкритий стандарт моделі дозволяє вивчати моделі, створені іншими розробниками (база фізіологічних моделей). До недоліків системи можна віднести обмежену мову опису моделей (не можна використовувати масиви і підмоделі); слабкі можливості візуалізації результатів; відсутність зручних інтерфейсних засобів для настройки моделі.

Нерідко виникає необхідність аналізу залежностей між групами змінних в серії експериментів. З цією метою передбачена можливість утворювати довільні стійкі групи змінних в моделі. Вхідні дії, що часто зустрічаються, також формуються у вигляді групи.

Елементи інтерфейсу, що управляє, динамічно створюються згідно з поточною моделлю, яка дозволяє користувачу мати доступ до всіх настройок при відсутності зайвих елементів. Перед проведенням моделювання задаються параметри розрахунку: інтервал і крок інтеграції, спосіб виведення результатів, параметри моделі. Якщо їх не за-



дати, то будуть використані значення за замовчуванням. Для розв'язання диференціальних рівнянь реалізовано класичний метод ламаних (Ейлера), ефективний при інтеграції подібних систем. Вхідні дані програми: модель, з якою проводиться дослідження; початковий час дослідження; кінцевий час дослідження; крок обчислень; необхідні значення констант; початкові значення змінних.

Результатом роботи програми є обчислені значення модельних змінних в чисельному або графічному уявленнях.

Робоча область розділена на частини. Верхня частина складається з двох підчастих: головного меню і короткого опису моделі. Головне меню дозволяє управляти процесом обчислень (наприклад, запускати модель на виконання – пункт меню Run), зберігати і завантажувати поточні настройки і результати обчислень, проглядати файл довідки і забезпечувати доступ до повного опису моделі (якщо воно є).

Короткий опис моделі є рядком, що складається з назви моделі і переліку вхідних дій. Ліва робоча область служить для вибору змінних, значення яких виводитимуться на графіки – після запуску моделі на виконання, їх значення відображатимуться в правій частині робочої області. Цей елемент, що управляє, реалізований інтуїтивно зрозумілим користувачеві чином: всі змінні згруповані аналогічно тому, як вони описані в моделі, для вибору змінної треба поставити біля її імені «галочку» (значення помічених хрестиком змінних не відображаються). Також в лівій робочій області є кнопка доступу до вікна настройки виду кривих, що відображаються і закладки з додатковими настройками.

Закладка «Функції» дозволяє користувачеві швидко вибрати для кожної вхідної дії одну із стандартних функцій і адаптувати її для поточного експерименту або ж ввести функцію вручну.

Закладка «Настройки» дозволяє змінити прийняті за замовчуванням значення часу експерименту, крок розрахунку та ін.

Права робоча область служить для відображення результатів в графічному режимі; за допомогою контекстного меню можна змінювати розміри графіків, перемикаючи кольоровий і чорно-білий режими,

включати/відключати виділення точок кривих. За замовчуванням всі вхідні дії виводяться на верхній графік, а вихідні – на нижній.

Вікно настройки виду кривих, що відображаються, реалізоване в єдиному стилі з головним вікном.

Вікно має головне меню, що дозволяє зберігати, завантажувати настройки і реалізовану в зручній табличній формі основну частину, де для кожної змінної користувач може змінити задане в моделі ім'я, графік для відображення, колір кривої і стиль відображення. Таблична форма надає користувачеві додаткові можливості групування і сортування змінних, також можна задати фільтр відображення рядків, міняти стовпці таблиці місцями.

Вікно настройки параметрів моделі так само має стандартне головне меню і реалізовану в табличній формі основну частину. Для зручності використання програми передбачена можливість встановлення значення кожного параметра моделі як чисельно, так і за допомогою спеціального «повзунка». Іноді необхідно імітувати, що значення групи параметрів розподілені згідно з певним законом. Для цих цілей передбачена можливість вибрати групу параметрів і задати функцію щільності розподілу вірогідності їх значень (нормальну, експоненціальну, бета-функцію).

#### **4.3.2. Алгоритм оцінювання варіабельності серцевого ритму та аналізу кардіоінтервалограм**

Оцінка варіабельності серцевого ритму (ВСР) відноситься до відносно нових діагностичних технологій, яка почала активно виходити за межі наукових лабораторій. Цей метод діагностики стає одним із найважливіших клінічних тестів в оцінці, як вегетативного статусу організму, так і інтегральних характеристик функціонального стану.

В клінічній практиці, при діагностиці різних станів необхідна повторюваність результатів функціональних досліджень і їх чітка метрологічна характеристика. В аналізі ВСР (рис. 4.13) існує багато невирішених проблем. Одна із них, найбільш важлива, – це стандартизація математичного апарату обчислення спектральних характеристик кардіоінтервалограм.

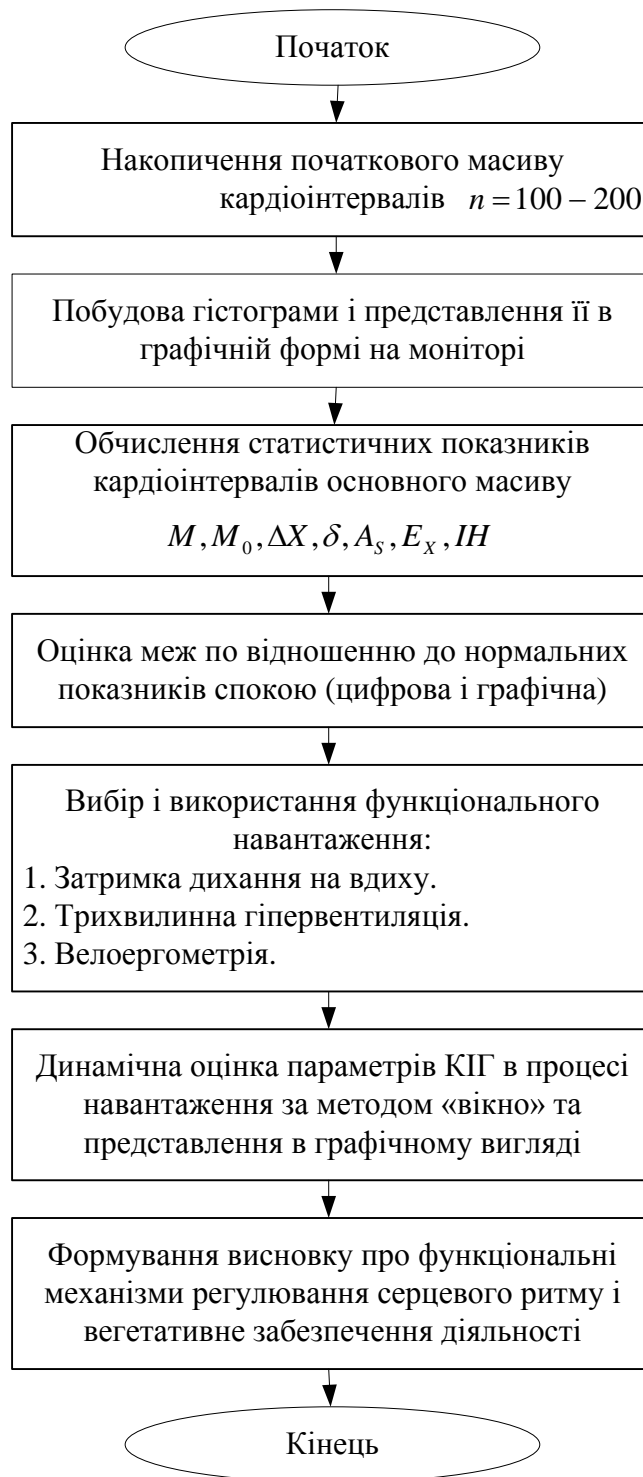


Рис. 4.13. Алгоритм оброблення кардіоінтервалограм і визначення показників ВСР

Прозорість і зрозумілість математичного апарату оцінки спектра ВСР дозволяє дослідникам говорити однією мовою, а лікарям – корис-

туватись стандартними діагностичними методиками. Але математичний апарат спектрального аналізу ВСР в будь-якому програмно-діагностичному комплексі є закритою від лікаря частиною, яку перевірити, на жаль, практично неможливо. Тим не менш, бачиться за необхідне мати загальнодоступний еталон, за допомогою якого навіть лікар міг би протестувати будь-яке програмне забезпечення [122].

Для оцінювання регуляторних механізмів серцевого ритму необхідно обчислити, використовуючи масиви кардіоінтервалів, наступні показники:

1. Математичне очікування ( $M$ ) [123, с. 29], яке відображає середній рівень частоти серцевих скорочень:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad (4.1)$$

де  $X_i$  – значення  $i$ -го інтервалу кривої розподілу;  $N_i$  – число попадань значень в цей інтервал

2. Моду ( $M_0$ ) [123, с. 12] – найбільше значення кардіоінтервалу, що часто зустрічається.

$$M_0 = X_m, \text{ де } m \text{ таке, що } N_m = \{N_1, N_2 \dots N\}.$$

3. Амплітуду моди ( $AM_0$ ) [123, с. 12] – число значень інтервалів, яке відповідає  $M_0$  і виражене у відсотках до загального числа кардіоінтервалів масиву.

$$AM_0 = \frac{N_m}{\sum_{i=1}^n N_i} \cdot 100 \% \quad (4.2)$$

Дозволяє судити про щільність розподілу.

При нормальному законі розподілу  $AM_0$  може вважатися зворотнопропорційною середньоквадратичному відхиленню  $\delta$ .

4. Середньоквадратичне відхилення ( $\delta$ ) [123, с. 30] характеризує розподіл окремих значень навколо середнього значення кривої розподілу.

Середньоквадратичне відхилення визначається з дисперсії

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot (X_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n N_{i-1}}, \quad (4.3)$$

де  $X$  – середнє значення кардіоінтервалів.

У разі нормального розподілу:

$$f = \frac{1}{\sqrt{2N\delta}} - \frac{(X - M)^2}{2\delta^2}, \quad (4.4)$$

де  $X$  – тривалість кардіоінтервалів, ширина гістограми на певних рівнях від максимуму є кратною величині дисперсії ( $D$ ).

5. Варіаційний розмах ( $\Delta X$ ) [92, с. 34] – характеризує межі розподілу в цій вибірці.

$$\Delta X = X_{\max} - X_{\min}, \quad (4.5)$$

де  $X_{\max}$  – максимальне значення в гістограмі;  $X_{\min}$  – мінімальне значення в гістограмі.

6. Індекс напруги (ІН) [123, ст. 67] враховує відношення між основними показниками серцевого ритму і відображає ступінь централізації процесів його регулювання.

$$f = \frac{AM_0(\%)}{2M_0 \cdot \Delta X(c)}. \quad (4.6)$$

При збільшенні симпатичного тону ІН збільшується, при збільшенні парасимпатичних впливів зменшується. У здорових людей в стані фізичного і психічного спокою ІН = 80–140.

7. Про стаціонарність серцевого ритму судять зі значень ступенів асиметрії ( $A_s$ ) і ексцесу ( $E_x$ ), які вказують на ступінь відхилення отриманого розподілу від нормального (при нормальному розподілі показники дорівнюють нулю, а при порушенні стаціонарності процесу в результаті переходу на новий рівень функціонування системи вони дають кількісну характеристику впливу збурення).

$$A_s = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot (X_i - X)^3}{\delta^3 \cdot \sum_{i=1}^n N_i}; \quad (4.7)$$

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot (X_i - X)^4}{\delta^4 \cdot \sum_{i=1}^n N_i}. \quad (4.8)$$

8. Дослідження динамічних властивостей послідовного ряду кардіоінтервалу можливе при визначенні автокореляційної функції або при спектральному аналізі ряду.

Найбільш оптимальним для безперервної динамічної оцінки функції розподілу серцевого ритму, особливо при використанні функціональних проб і навантажень, є метод «зрушення вікна» (рамки). Первинні статичні показники обчислюються в початковому масиві,  $N$  значень, що містить 100–120 кардіоінтервалів. Потім вибирається деяка безперервна ділянка початкового масиву  $C_m$ , що складається з  $m$  елементів ( $< n$ ), іменована надалі «вікно». Спочатку масив «вікно» вибирається таким чином, щоб він містив  $m$  перших елементів початкового масиву, тобто розташовувався на його початку. Потім, рухаючи «вікно» на  $h$  елементів вправо ( $h$  – крок зрушення, оптимальне значення – 20–40 кардіоінтервалів) визначаємо новий масив, в якому і обчислюються параметри розподілу. Таким чином отримуємо ряд безперервно дискретних показників (з дискретним кроком  $h$ ), що дозволяє прослідкувати процес в динаміці.

Проведемо порівняльний аналіз показників регуляції серцевого ритму з точки зору оцінювання їх інформативності для різних рівнів психоемоційного стресу.

Для цього, згрупуємо відповідні показники є такі групи:

1. Показники, що характеризують середній рівень серцевого ритму, до яких відносять, в першу чергу, середнє арифметичне значень частоти серцевих скорочень [92], яке позначається таким чином:

$$III_1 = ЧСС. \quad (4.9)$$

2. Показники, які базуються на оцінюванні варіабельності серцевого ритму. Це дисперсія [123, с. 56] –  $III_3 = D$  і  $SABS$ , який визначає суму абсолютних відхилень сусідніх RR-інтервалів за одиницю часу:

$$III_4 = \sum_{i=1}^n |X_i - X_{i+1}|, \quad (4.10)$$

де  $n$  – кількість  $RR$  – інтервалів;  $X_i$  і  $X_{i+1}$  – довжини  $i$ -го та  $(i+1)$ -го інтервалів.

3. Показники, що одночасно враховують і середній рівень і розкид ЧСС. Це, перш за все, індекс Баєвського [123] або його модифікації:

$$III_6 = \frac{AM_0}{2 \cdot \overline{\Delta X} \cdot M_0}, \quad (4.11)$$

де:  $AM_0$  – амплітуда моди в %;  $M_0$  – мода;  $\overline{\Delta X}$  – варіаційний розмах.

4. Показники, що визначаються за рахунок візуального аналізу:

$$III_7 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M (X_i - X_{i+1}), \quad (4.12)$$

де  $M$  – кількість випадків, коли  $X_i > X_{i+1}$ ;  $N$  – кількість екстремумів на відрізок, що аналізується.

До недоліків розглянутих індексів можна віднести такі: середнє арифметичне є прикладом нестійкого результату положення, а дисперсія – нестійкої міри розкиду. Також досить нестійким є варіаційний розмах.

Для підвищення інформативності показників, введемо нові, за аналогією з [123], що є аналогом вищеприйнятих, але заснованими на стійких статистиках.

$MAX$  – медіана абсолютних відхилень:

$$MAX = \text{медіана} |X_i - X^*|, \quad (4.13)$$

де  $X^*$  – стійка характеристика положення, або бівес-оцінка:

$$X^* = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i / \sum_{i=1}^n \omega_i, \quad (4.14)$$

де  $\omega_i$  визначається за попереднім значенням  $X^*$ , як

$$\omega_i = \begin{cases} 1 - \left( \frac{X_i - X^*}{MAX} \right), & \text{якщо} \left( \frac{X_i - X^*}{MAX} \right) < 1; \\ 0, & \text{якщо} \left( \frac{X_i - X^*}{MAX} \right) > 1. \end{cases} \quad (4.15)$$

Тоді, враховуючи вищенаведені статистики, введемо такі індекси:  $II_2$  = медіана  $\{X_i\}$  – аналог першої групи індексів;  $II_5$  =  $MAX$  – аналог другої групи індексів;  $II_8$  =  $1/(\text{медіана} * \text{міжквартильний розмах})$ ;  $II_9$  =  $1/(\text{медіана} * MAX)$ ;  $II_{10}$  =  $1/(X^* = MAX)$  – аналог третьої і четвертої групи індексів.

В дослідженнях взяли участь 12 осіб різного віку і статі у яких реєстрували серцевий ритм на різних стадіях стресу, очікування, істинного стресу, пост стресу. Дослідження проводилися протягом тижня, по 8–10 випробувань щоденно.

За критерій інформативності було обрано вірогідність успішного розподілу значень, що відповідали різним стадіям стресу:

$$P = 1 - (n_1 + n_2) / N, \quad (4.16)$$



де  $N$  – загальна кількість випробувань;  $n_1$  і  $n_2$  – кількість результатів, що помилково були віднесені до, наприклад, першої і другої стадії стресу.

За результатами окремого експерименту з одним кандидатом при десяти інформативних показниках ( $III_1$ – $III_{10}$ ), було встановлено, що для малих вибірок більш стійкими характеристиками є медіана і МАХ, а для великих – інформативні бівес-оцінки.

За результатами декількох експериментів з одним кандидатом слід відзначити, що різниця в інформативності різних показників зменшується. В той же час, відзначається відносно збільшення дисперсії і МАХ у порівнянні із формулами першого експерименту.

Досить цікаві результати були отримані, коли декілька експериментів проводилися з усіма 12-ма кандидатами і визначалися всі десять ІІІ. Зросла інформативність показників, але тих, які враховують середній рівень – знизилась, що зумовлено різними типами особистості.

#### **4.3.3. Узагальнений алгоритм аналізу ЕЕГ**

Застосування електроенцефалографії [49] в даний час охоплює два основні класи завдань: клінічне дослідження і експериментальні дослідження. Спеціальні умови і цілі наукового експерименту визначають специфіку вимог до реєстрації і методів аналізу ЕЕГ, що не дозволяє в загальному змісті говорити про їх стандартизацію. Відносно ж клінічних досліджень питання стандартизації методичних прийомів виступають на передній план, оскільки оцінка ЕЕГ-даних обов'язково входить в структуру загальноклінічної оцінки стану пацієнта і не може розглядатися у відриві від останньої. Система знань, що склалася, про анатомію і фізіологію нервової системи, уявлень про морфологію і механізми паталогічних процесів вимагає, щоб інтерпретація ЕЕГ проводилася в тому ж контексті, що і до звичних лікарів анатомо-фізіологічних уявлень про хворобу. Тому найбільш серйозними конкурентами ЕЕГ є «анатомічні» методи дослідження мозку – аксіальна комп'ютерна томографія, магніторезонансна томографія, емісійно-позитронна томографія і, останнім часом, магнітоенцефалографія на базі надпровідникових СКВД-детекторів. В той же час разом з безперечною відносною дешевизною, ЕЕГ-дослідження дозволяють аналі-

зувати ряд функціональних параметрів роботи мозку, недоступних іншим методам. Це, перш за все, параметри, що характеризують загальну організацію мозку, як електроактивного органу і параметри, що дозволяють виділити опосередковану активність.

Визначимо деякі положення і вимоги, які необхідно використовувати при автоматичному аналізі ЕЕГ [50].

1. Необхідність розділення дослідницьких підходів і рутинних завдань клінічного аналізу ЕЕГ.

2. Автоматизація рутинного ЕЕГ-аналіза не повинна ускладнювати прийняті в клініці підходи.

3. Формування висновку за результатами комп'ютерного ЕЕГ-аналізу повинне відображати існуючі уявлення про анатомо-фізіологічну організацію мозку і суть електрогенезу.

4. Сукупність комп'ютерних методів аналізу і представлення даних ЕЕГ мають бути організовані в ієрархічну систему [124, 125], окремі компоненти якої можуть бути використані, як автономні або функціонально – завершені.

Загальні вимоги:

1. Кількість реєструючих каналів, не менша 10, в т. ч.:

- ЕЕГ-каналів – 8;
- ЕКГ-каналу – 1;
- калібрувального каналу – 1.

2. Відповідність вимог з підсилення частотних лімітів, калібруванню, комутації електродів, аналізу ЕЕГ загальноприйнятим міжнародним стандартам [51].

На рис. 4.14 показана структура узагальненого алгоритму аналізу ЕЕГ.

3. Розділення режимів роботи ЕОМ:

- реєстрація ЕЕГ, проведення функціональних проб – в режимі управління «on-line».
- візуальний, частотно-амплітудний, спектральний і кореляційний аналіз, формування висновку – в режимі «off-line».

Як правило, для аналізу ЕЕГ використовуються спектральні перетворення *Фур'є*, *Волиа*, *Берг-Фур'є* [10] та інші, які передбачають ви-

користання перевірного засобу-еталону, причому такого, який міг би бути використаний і при спектральному аналізі ЕКГ, КІГ тощо.

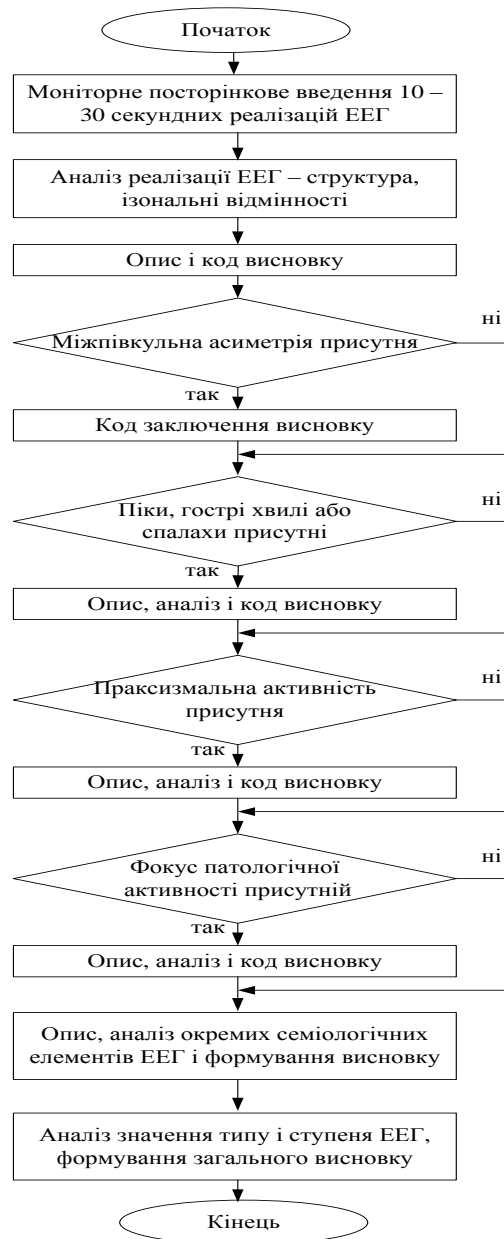


Рис. 4.14. Алгоритм аналізу ЕЕГ

Задача розв’язується досить просто, якщо врахувати, що спектральні перетворення – це лінійні перетворення, де справедливий принцип суперпозиції, коли будь-який сигнал може бути представлений певним набором гармонік (спектральних складових) або, навпаки, ці гармоніки однозначно можуть бути перетворені у вхідний сигнал.

З цього випливає, що в якості повірного засобу можна використовувати звичайні гармонічні коливання із заданою частотою та амплітудою (або їх суміш). Оцифрувавши гармоніку із заданою амплітудою і частотою, наприклад 0,01 Гц, отримаємо в спектрі спектральну складову з частотою 0,01 Гц і потужністю, що буде відповідати амплітуді вхідного сигналу. Всі останні гармоніки спектру будуть дорівнювати нулю. Середньоквадратична потужність ( $P$ ) синусоїдального сигналу (гармоніки) [10] пов'язана з її амплітудою ( $A$ ) як  $P = A * A / 2$ .

Якщо ж будуть оцифровані дві гармоніки, то в спектральній області з'являться дві незалежні одна від одної складові, кожна з яких буде мати потужність, що визначатиметься середньоквадратичною потужністю гармонічного сигналу.

Таким чином, використовуючи всього три гармоніки, що розташовані в частотних областях VLF, LF і HF, можливо моделювати будь-які види частотних співвідношень для перевірки адекватності обраного матапарату частотного перетворення. Для застосування запропонованого методу верифікації програм на практиці необхідно виконання двох умов : а) мати спеціальну програму-еталон, що генерує файли з еталонними сигналами (КІГ) і б) програма, що верифікує, повинна мати засоби імпорту кардіоінтервалограм. Для практичного застосування пропонується програма-імітатор, що дозволяє сформувану оцифровану суміш з трьох будь-яких частот в діапазоні (VLF..HF) з довільними потужностями і вивести її в текстовий файл export.rg. Структура файлу відповідає російському стандарту формату запису ритмограм, де в кожному рядку записується по одному RR-інтервалу в ASCII-форматі. Такий файл легко імпортувати в будь-яку верифіковану програму. Зовнішній її вигляд наведений на рис. 4.15.

Таким чином:

1. Застосування імітатора спектрів дозволяє одержати прозору і математично точну методику верифікації програмного забезпечення.

2. Розроблена методика не потребує використання верифікованих баз біосигналів.

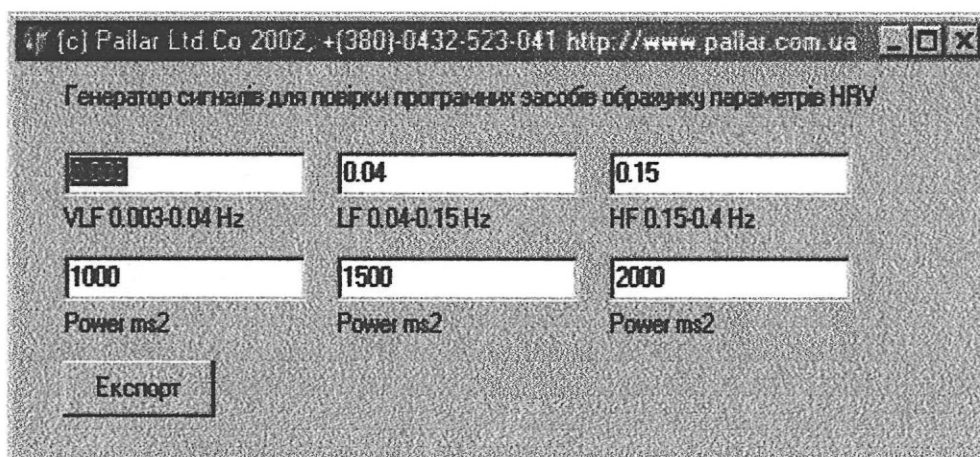


Рис. 4.15. Зовнішній вигляд верифікованої програми

3. Рекомендується вимагати від розробників діагностичних систем наявності режимів імпорту/експорту, як для цілей міжпрограмного обміну, так і для верифікації засобів обробки сигналів, що використовуються.

Спектральне представлення періодичного сигналу комплексним рядом Фур'є [10], а також довільного кінцевого сигналу відповідає таким виразами:

$$s(t) = \sum_{n=0}^N S_n \exp(jtn\Delta\omega), \quad (4.17)$$

$$s_n(t) = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) \exp(-jtn\Delta\omega). \quad (4.18)$$

З позицій точного представлення довільних сигналів і функцій, перетворення Фур'є має ряд недоліків, які привели до появи віконного перетворення Фур'є і стимулювали розвиток вейвлетного перетворення. Відзначимо основні з них:

- обмежена інформативність аналізу нестационарних сигналів і практично повністю відсутня можливість аналізу їх особливостей (сингулярностей), оскільки в частотній області відбувається «розпо-

рошення» сигналів (розривів, сходинок, піків і тому подібне) по всьому частотному діапазону спектра;

– поява ефекту *Гіббса* [10, 123] на стрибках функцій при усіканнях сигналів і для їх локального детального аналізу;

– нездатність перетворення Фур'є здійснювати тимчасову локалізацію сингулярностей сигналів може бути частково усунена введенням в алгоритм перетворення, так званої, рухомої віконної функції, що має компактний формат. Використання віконної функції дозволяє представляти результат перетворення у вигляді функції двох змінних – частоти і тимчасового положення вікна.

Віконне перетворення виконується відповідно до виразу:

$$S(\omega, b_k) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)w(t - b_k) \exp(-j\omega t) dt . \quad (4.19)$$

Функція  $w(t - b_k)$  є функцією вікна зрушення перетворення за координатою  $t$ , де параметром  $b$  задаються фіксовані значення зрушення, при зрушенні вікон з рівномірним кроком  $b_k = k\Delta b$ . Як вікно перетворення може використовуватися просте прямокутне вікно  $w(t) = 1$  в межах вікна і 0 за його межами), так і спеціальні вагові вікна (Бартлетта, Гауса, Кайзера [10] та ін.), що забезпечують малі спотворення спектру за рахунок граничних умов і такі, що нейтралізують явище Гіббса. При цьому для кожного положення вікна на тимчасовій осі сигналу обчислюється свій комплексний спектр. Ефективна ширина віконної функції, як правило, зберігається постійною по всьому інтервалі сигналу.

Координатна роздільна здатність віконного перетворення визначається шириною віконної функції і за принципом невизначеності *Гейзенберга*, зворотно пропорційна частотній роздільній здатності. При ширині віконної функції, що дорівнює  $b$ , частотна роздільна здатність визначається значенням  $\Delta\omega = 2\pi/b$ . При необхідній величині частотного дозволу  $\Delta\omega$  відповідно ширина віконної функції має бути рівна  $b = 2\pi/\Delta\omega$ , що для віконного перетворення Фур'є є принциповим.

## РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІС–ДЕС

### 5.1. Оцінка ефективності методу діагностування емоційного стресу і медичної інформаційної системи

Найбільш актуальними в Україні є проблеми психологічних та психічних наслідків перебування людини в надзвичайних ситуаціях, які загрожують життю та здоров'ю [126, с. 19–21].

Захист психофізіологічного здоров'я населення України за умов екстремальних ситуацій є гарантованим законодавчою та нормативно-правовою базою [127] і з кожним роком набуває все більшого значення.

Однією із основних переваг цього методу визначення рівня емоційного стресу є врахування усіх показників функціонального та психологічного стану здоров'я людини, а також соціально та біологічно обумовлені підструктури, зокрема особистісний фактор і адаптаційна стійкість. Другим чинником є дослідження психоемоційного фактора хронічної та постійної дії відповідних психогенних факторів, де вагомим є «повторне переживання» за *М. Г. Горовіц* [128, 129], як процесу «асиміляції травматичного досвіду».

Комплексне обстеження, що є беззаперечно важливим фактором нашого дослідження, включає в себе фізіологічний, соціально-демографічний, клініко-психопатологічний, анамнестичний, експериментально-психологічний, спадковий, особистісний підрозділи.

Діагностику психічних та поведінкових розладів здійснювали згідно з клінічними критеріями DSM–III–R<sup>3</sup>, шляхом стандартизованого опитування та спостереження, зокрема оцінювали кількісну і якісну характеристики скарг, виявляли психопатологічну симптоматику, функціонування сфер психіки тощо.

При експериментально-психологічному дослідженні використовували індивідуальний типологічний опитувальник (ІТО) [130], шкалу особистісної та реактивної тривожності *Ч. Д. Спілбергера* – *Ю. Л. Ханіна* [131], тест диференціальної оцінки функціонального стану (САН) через їх доведену інформативність та специфічність

[130–132] та методику Q-сортування [131, 132] для оцінки ефективності психолого-психіатричної та психотерапевтичної допомоги.

Крім того, використовували клініко-анамнестичні та інструментальні методи дослідження (аналізи ЕМГ, ФПГ, визначення параметрів реограми, аналіз ЕЕГ, вимірювання треморограми, оцінювання ШГР та ЕКГ) в комплексі з паралельним проведенням тестування психічної компоненти, що дозволило отримати більш достовірні та повні результати дослідження.

Інтегральним показником ефективності методу є сукупність медичних, економічних та соціальних складових (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Схема інтегрального показника ефективності методу визначення рівня емоційного стресу

Медична ефективність впровадження психологічної, психіатричної та психотерапевтичної допомоги за результатами клініко-психологічного дослідження має вигляд:

$$k_m = \frac{n_m}{N_m},$$

де  $k_m$  – коефіцієнт медичної ефективності;  $n_m$  – кількість пацієнтів, у яких фіксувався точний та достовірний результат дослідження рівня емоційного стресу;  $N_m$  – загальна кількість обстежених.



Високий коефіцієнт медичної ефективності в свою чергу приводить до зростання економічного ефекту через збільшення достовірності отриманої інформації при комплексному обстеженні усього організму людини за допомогою діагностування основних психофізіологічних показників, характерних для симптоматики емоційного стресу. Цей метод визначення стресу має високу ефективність при визначенні його наявності на ранніх стадіях розвитку та дає можливість прогнозування ймовірності виникнення психосоматичних захворювань з урахуванням особистісних психоемоційних показників, що дозволяє в подальшому зберегти час та кошти на непотрібні та некоректні види діагностування тощо.

### **Коефіцієнт економічної ефективності**

$$k_e = \frac{n_e}{N_e},$$

де  $n_e$  – нормативні витрати;  $N_e$  – фактичні витрати.

Соціальну ефективність необхідно визначати з урахуванням: ступеня задоволення пацієнтів та їхніх родичів методами та засобами обстеження, покращання рівня комплексного дослідження, усунення та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій медико-психологічного характеру, наявності позитивної динаміки психічних розладів при діагностуванні психоемоційного стресу, повноцінного соціального функціонування після проведення дослідження.

### **Коефіцієнт соціальної ефективності**

$$k_c = \frac{n_c}{N_c},$$

де  $n_c$  – кількість позитивних відповідей у зв'язку з проведеними організаційними, діагностичними методами та засобами діагностування;  $N_c$  – загальна кількість відповідей.

Інтегральний коефіцієнт ефективності методу (див. рис. 5.1) визначається як добуток коефіцієнтів медичної, економічної та соціальної ефективності:

$$k_i = k_m \times k_e \times k_c,$$

де,  $k_m$  – коефіцієнт медичної ефективності;  $k_e$  – коефіцієнт економічної ефективності;  $k_c$  – коефіцієнт соціальної ефективності.

Переважаючий рівень особистісної тривожності над реактивною [48], за низьких показників останньої, свідчить про дефекти емоційно-вольової сфери та переважаюче формування тривожно-депресивних станів. Цей метод визначення наявності емоційного стресу дозволяє розробити прогностичну модель виникнення та розвитку психосоматичних захворювань, спровокованих вище вказаними розладами за рахунок узагальнення відповідної симптоматики.

Ще однією перевагою методу є те, що за умов дії психотравматичних чинників є можливість передбачити рецидиви, що виникають гостро на фоні «загального благополуччя». Тобто за допомогою непрямих (тестових) методів вимірювання виділяють три проблеми клініко-динамічної картини станів, що виникають внаслідок впливу надзвичайної ситуації: хронічний характер та погіршення з часом, з врахуванням адаптаційних можливостей кожного окремого організму, клінічні прояви через 30–40 років та раптовість проявів [113, 133].

Отже, комплексна модель, де вагомими є не тільки фізіологічні показники, а й психологічні – «повторними переживаннями» за *М. Г. Горовіц* [131], адаптаційні можливості організму, особистісні показники людини – дозволяє використовувати розроблену систему якісного визначення рівня емоційного стресу, прогнозувати необхідність надання подальшої спеціалізованої медико-психологічної допомоги або/та з метою профілактики відповідних розладів. Дану методику зручно використовувати у спеціалізованих закладах охорони здоров'я та в структурі санаторно-курортного лікування.

Застосування комплексного обстеження організму, а саме: фіксування фізичних, фізіологічних психолого-психіатричних та особистісних показників здоров'я, призводить до формування резистентності

щодо виникнення психічних розладів пов'язаних із синдромом «білих халатів» та спричиненими внаслідок цього «повторних переживань».

Процес формування результатів і ефективності розробленого методу дослідження наявності емоційного стресу показано на рис. 5.2.

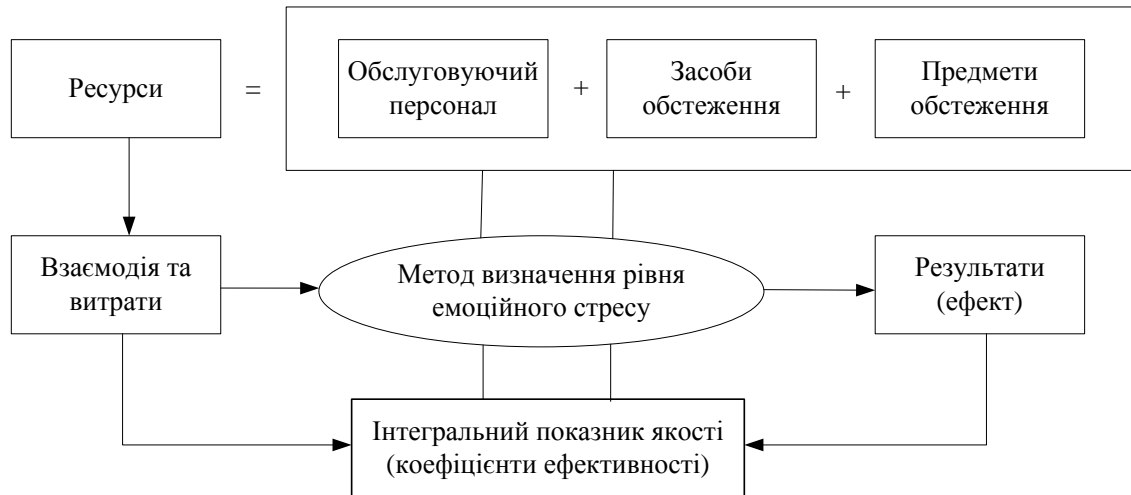


Рис. 5.2. Схема формування результатів і ефективності застосування цього методу

Ефективність методу визначається за наявності відповідних показників (рис. 5.2) та характеризуються окремими ознаками (рис. 5.3):

$$\text{Ефективність методу} = \frac{\text{Результати}}{\text{Ресурси}}.$$

**Дифузійний ефект** (рис. 5.4) реалізовується у випадках поширення отриманих результатів цього методу на інші галузі медичних досліджень, внаслідок чого відбувається його мультиплікація.

**Резонансний ефект** здійснюється шляхом нововведення у певній галузі медичних обстежень, активізує і стимулює розвиток інших явищ у сфері відповідних досліджень, зокрема отримання нових методів визначення та способів лікування психоемоційних захворювань тощо.

**Ефект стартового вибуху** – це ланцюгова реакція у перспективі. Він можливий за умови, що певний стартовий вибух стає початком

наступного лавиноподібного збільшення ефекту у тій же самій або іншій галузі застосування цього методу. У нашому випадку, застосування методу проведення діагностики функціонального стану організму людини та послідовність її проведення у різних галузях медицини.



Рис. 5.3. Види ефективності розробленого методу визначення рівня емоційного стресу за окремими ознаками

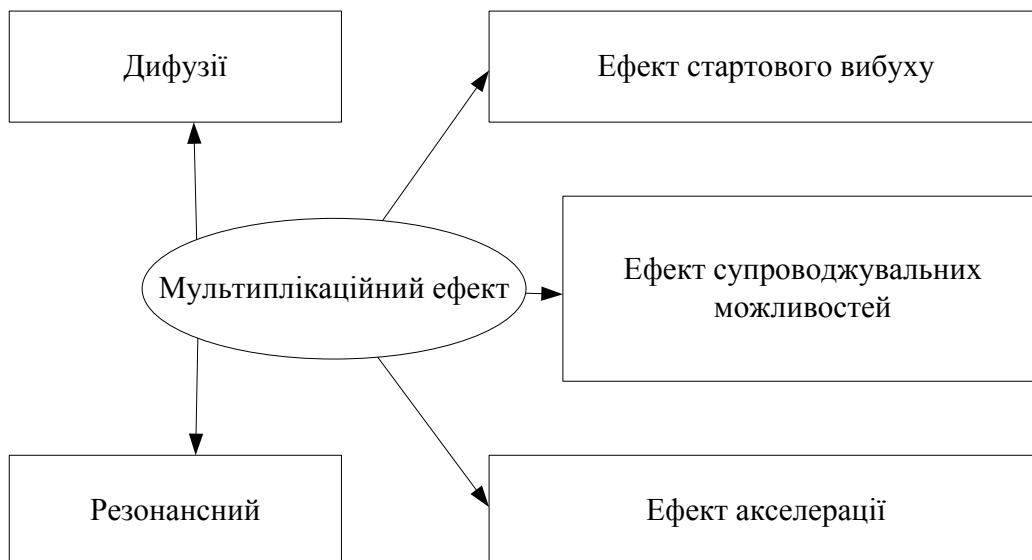


Рис. 5.4. Специфічні форми мультиплікаційного ефекту

У процесі створення будь-яких матеріальних цінностей з'являються **супроводжувальні можливості з певним ефектом**, що проявляються у вигляді проміжних результатів.

Зрештою, у будь-якій діяльності має місце також **ефект акселерації**, що означає позитивний наслідок не лише самого по собі конкретного результату, але й прискорення темпів його розповсюдження і застосування.

## **5.2. Багатофункціональна прогнозна модель оцінки ефективності методу діагностування стресу за допомогою МІС–ДЕС**

Для усунення багатьох недоліків пропонуємо методика розроблення багатофункціональної прогносної моделі оцінки ефективності (БПМ) проведення досліджень, що пов'язані із визначенням рівня психоемоційного стресу (рис. 5.5).

Ця методика складається з двох частин: методики розробки моделей прогнозування та загальної оцінки ефективності (МПЗОЕ) проведення відповідних досліджень (стандартних методик вимірювання фізіологічних показників) та, запропонованої нами, методики розробки моделей оцінки ефективності елементів (МОЕЕ) [135]. МПЗОЕ складається з прогносної та оціночної складових. Прогнозна складова повинна бути здатною прогнозувати ймовірні варіанти впливу емоційного стресу на функціональний та психологічний стан здоров'я і, як наслідок, подальший розвиток психосоматичних захворювань. І відповідно до прогнозу пропонувати варіанти проведення діагностування рівня психоемоційного стресу.

Оціночна частина визначає гарантовану ефективність застосування цього методу. Модель оцінки ефективності [136] складових елементів методу призначена для оцінки вкладу кожного елемента методу, що базуються на дослідженні психо-фізіологічних показників, і дозволяє провести оцінку ефективності функціонування методу в цілому та їх окремих елементів.

Оціночна модель повинна визначати гарантовану доцільність ведення відповідних діагностичних досліджень для виконання завдання з визначеною ефективністю (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Загальна схема багатofункціональної моделі оцінки ефективності використання цього методу для визначенні рівня емоційного стресу

Отже, наступна методика розробки моделей оцінки ефективності планування проведення медичних досліджень (МОЕП), з урахуванням усіх вище вказаних складових елементів, буде мати вигляд (рис. 5.6).

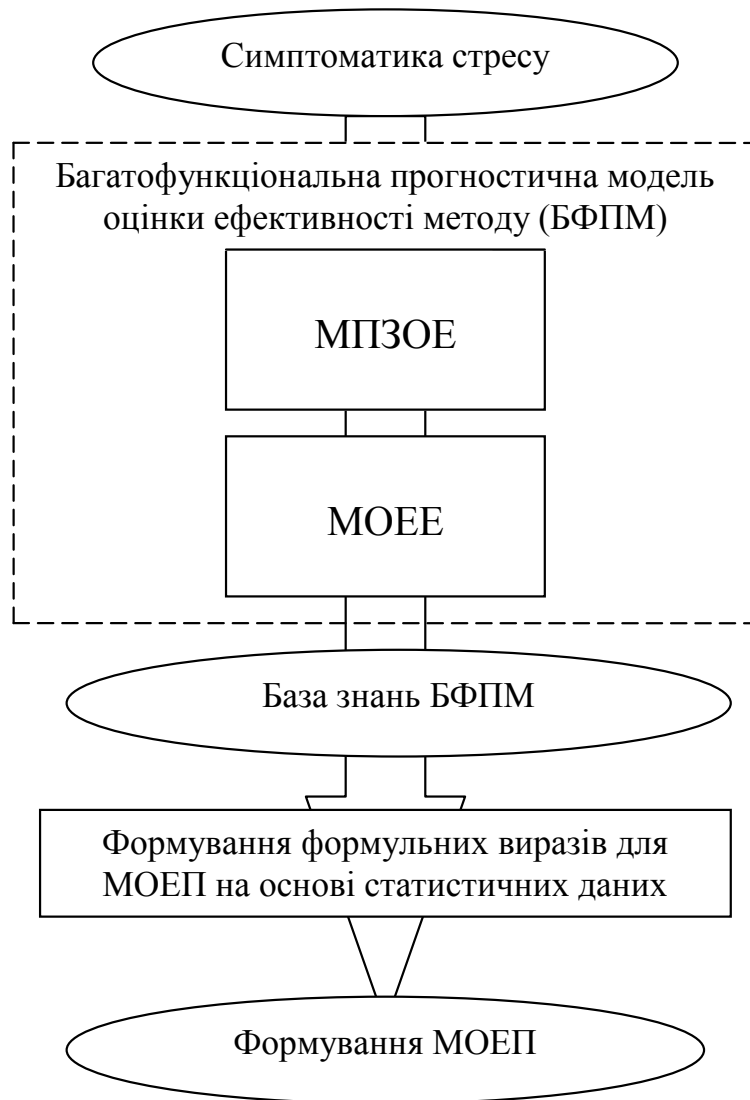


Рис. 5.6. Структурна схема розробки моделей оцінки ефективності планування проведення медичних досліджень (МОЕП)

На момент створення моделі достовірність результатів відповідає доволі високій достовірності статистичної моделі. Зміна обставин, поява нових засобів та методів медичних досліджень зумовлюють поступове зниження достовірності розрахунків, що потребує постійного удосконалення бази знань моделі в науково-дослідницьких установах.

До методів найбільш ефективного отримання даних належать: оперативна аналітична обробка даних OLAP та створення сховища даних Data Warehousing. Їх порівняльні характеристики вказані в табл. 5.1.

Оперативна аналітична обробка даних OLAP забезпечує швидкий аналіз поширеної багатовимірної інформації та позначає методи, що дають можливість користувачам генерувати описові та порівняльні процеси аналізу багатомірних баз даних шляхом складання ефективних «багатовимірних» запитів до даних різних типів.

Засоби OLAP можуть бути вбудованими в системи баз даних масштабу поліклініки і дозволяють спеціалістам здійснювати аналіз даних, який проводиться простими (описова статистика, прості таблиці тощо) та достатньо складними методами (включають поправки та способи очистки даних).

Таблиця 5.1

**Порівняльна характеристика OLTP-систем та сховищ даних**

Властивості	OLTP-системи	Сховища даних
Час реакції на запит	Від мілісекунд до кількох секунд. Мають тактичне значення, тобто підтримують щоденну роботу	Від кількох секунд до годин. Мають стратегічне значення
Використання даних	Використовуються для обробки транзакцій	Використовуються для інтерактивного аналізу, в режимі «лише читання»
Характер даних	Обмежений, історія даних від 30–60 днів до 1–2 років	За тривалий проміжок часу, від 1 до кількох років
Організація даних	Орієнтовані на предметні запити	Предметно-орієнтовні
Розмір	Від невеликих до великих	Від великих до дуже великих
Джерела даних	Оперативні дані	Будь-які (оперативні, внутрішні, зовнішні) дані із різних джерел, повинні бути інтегровані
Дії, які проводяться з даними	Процес осідання (постійне накопичення) даних	Процес аналізу даних
Характер запитів	Передбачувані запити	Непередбачувані запити



З огляду на існуючі проблеми та з урахуванням постійного збільшення об'ємів електронних баз даних, створення сховища даних консолідованої, якісної медичної інформації, як основи інформаційно-аналітичної системи, є вирішальним завданням.

Data Warehousing передбачає зберігання великих багатовимірних обсягів даних та дозволяє легко вибирати і використовувати інформацію в процедурах аналізу.

Сучасні методи доступу кінцевих користувачів до сховища даних та високотехнологічні засоби аналізу даних дозволять значно збільшити якість прийнятих рішень, ефективність взаємодії між медпунктами, поліклініками і між обласними поліклініками та зовнішніми установами, що мають відношення до зберігання медичних даних та їх статистичної обробки.

Здійснювати обробку даних сьогодні безпосередньо з існуючих оперативних систем обробки даних дуже складно. Це пояснюється різними причинами, у тому числі розрізненістю даних і збереженням їх у різних форматах.

Створення сховища даних дозволяє вирішити вказані проблеми. Data Warehousing не замінює існуючої системи автоматизованої обробки медичної інформації, а лише є своєрідною зовнішньою оболонкою для вдосконалення аналітичних функцій медичних установ.

Таким чином, сховище даних використовує такі функції:

- збір інформації з різних джерел шляхом передачі даних системою зв'язку;
- інтеграцію даних в логічні моделі за визначеними предметними областями;
- збереження інформації в доступному та зрозумілому вигляді для різних категорій користувачів (спеціалістам із різних медичних галузей) ;
- надання інформації різним DSS (системам підтримки прийняття рішень) у зручному вигляді для аналізу.

До того ж, інформація у сховищі даних є незмінною, консолідованою, несуперечливою, актуальною та достовірною. Технологія створення сховищ даних особливо увагу приділяє якості даних.

Інформація про дані Metadata зберігаються в словнику/репозиторії даних (рис. 5.7) [137].

Система, що використовується для підтримки управлінських рішень Decision support system передбачає аналіз сукупності даних евристичним способом та не включає їх зміну [138].

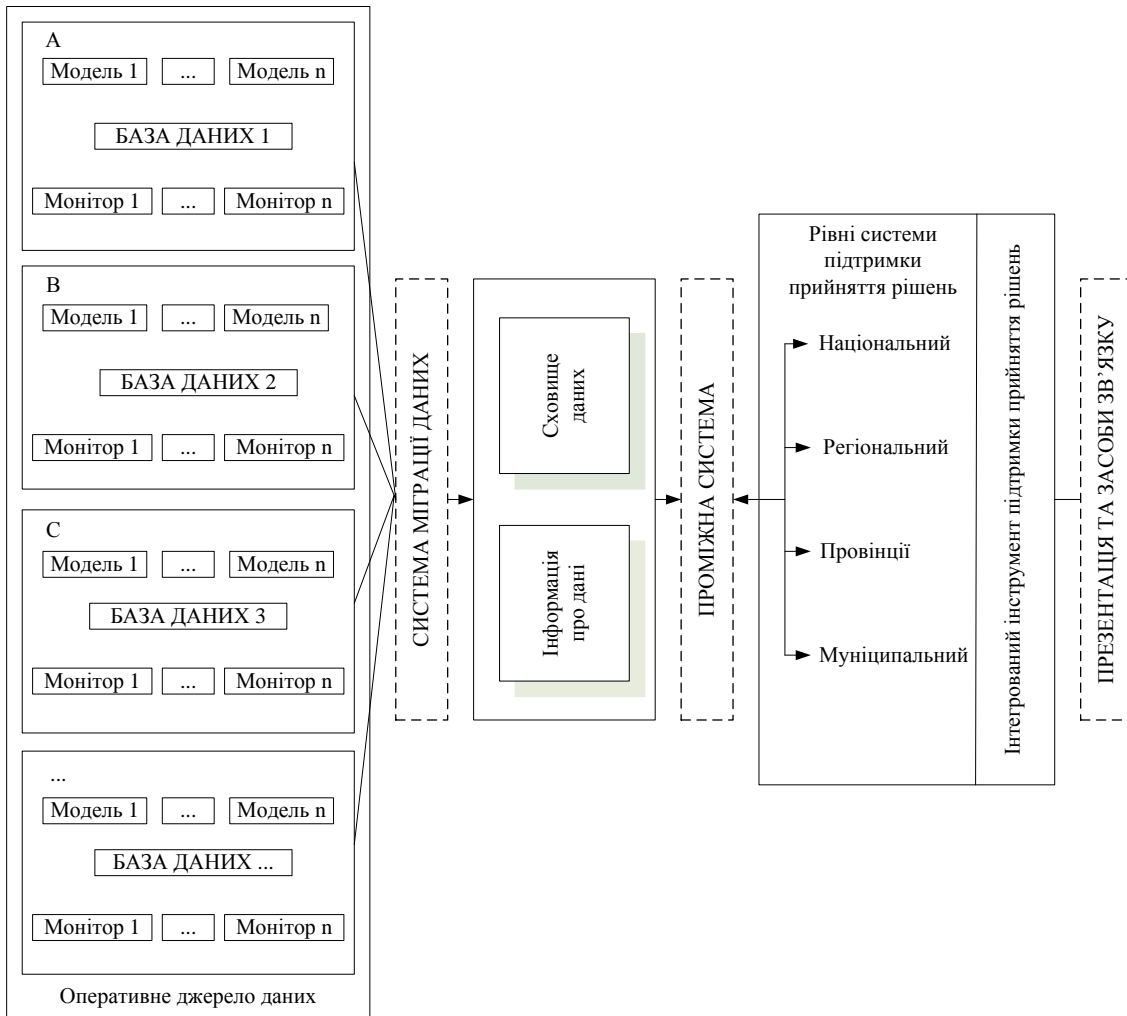


Рис. 5.7. Підхід до проектування сховища даних

Внутрішні дані в поєднанні з даними із зовнішніх джерел, після проведених витягів та перетворень, реорганізовані в центральну базу даних, призначену для аналізу медичної інформації з проведенням запитів (рис. 5.8). Інформація в каталозі надає користувачам інформацію про дані, що є на складі [138].

Переваги використання веб-браузера (рис. 5.9) для доступу до бази даних наступні:

- простота у використанні;
- мінімальний строк навчання користувачів;

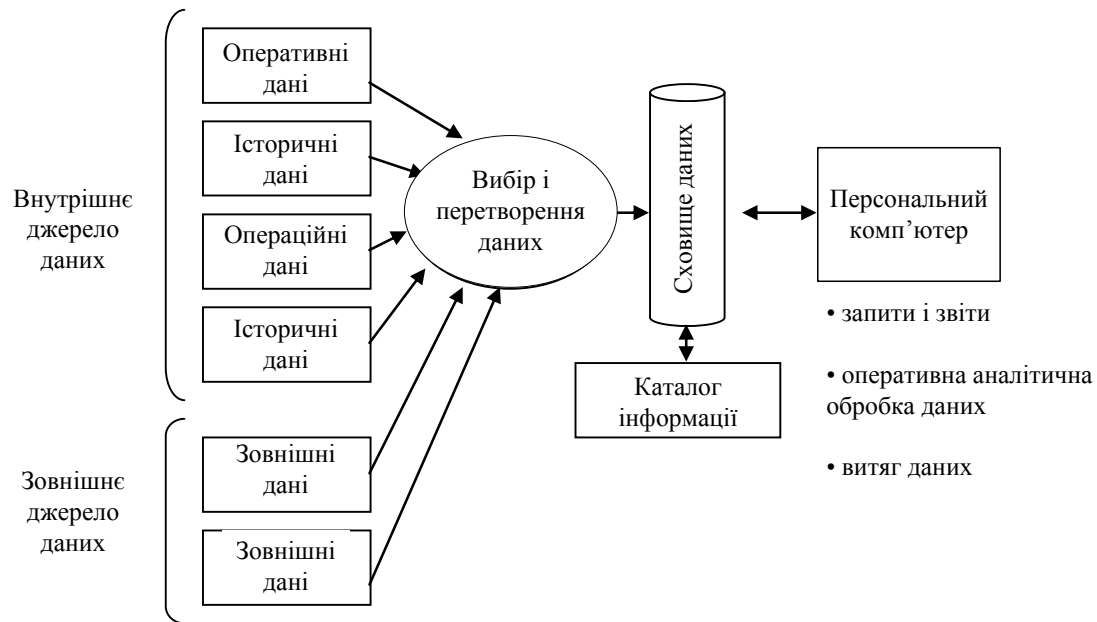


Рис. 5.8. Компоненти сховища поточних та історичних даних оперативних систем

- незмінність внутрішньої бази даних;
- менші затрати ніж при побудові нової системи;
- створення нових ефективних можливостей для надання співробітникам комплексного перегляду інформації.

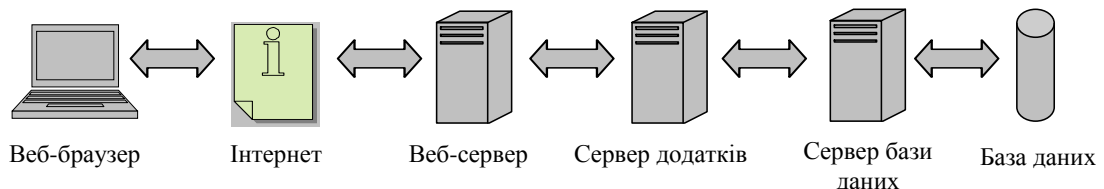


Рис. 5.9. Зразки розташування внутрішніх баз даних в Інтернеті

Методи вибору даних можна застосовувати до будь-якої, попередньо не обробленої і неструктурованої інформації та аналізу даних,

отриманих засобами OLAP, з метою поглибленішого дослідження в більш високих розмірностях. Тому методи добичі даних розглядають як альтернативний аналітичний підхід чи як аналітичне розширення систем OLAP.

Методи багатовимірного аналізу спеціально розроблені для пошуку закономірностей у багатовимірних даних за допомогою кластерного аналізу [140]. В області фізіологічних досліджень кластеризації захворювань, їх лікування чи визначення симптомів призводить до широкого застосування таксономій. В області психіатрії правильна діагностика кластерів симптомів, таких як при емоційному стресі, є вирішальною для успішної терапії.

Факторний аналіз використовується як метод скорочення даних або як метод класифікації.

Медичний працівник може реєструвати різні змінні, що відносяться до стану хворого, при аналізі дискримінантної функції, щоб з'ясувати, які змінні краще передбачають те, що пацієнт повністю, частково або зовсім не видужав.

Техніка кластеризації застосовує також методи багатовимірного шкалування, логленійного аналізу, канонічні кореляції, лінійну та нелінійну регресію, аналіз відповідностей тощо [123].

Для об'єктивізації точності та достовірності біомедичних вимірювань пропонується використовувати кореляційний аналіз, що дає можливість оцінити динаміку фізіологічних та психологічних показників, шляхом оцінювання їх параметричних складових.

Статистична обробка фізіологічних складових БС-РЕС здійснюється методами параметричного аналізу з обчисленням математичного очікування  $M$  (5.1) і похибки середнього квадратичного  $\sigma$  (5.2). Для порівняння спостережень застосовується  $t$ -критерій Ст'юдента (5.3) [123, с. 46].

$$M_{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i ; \quad (5.1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} , \quad (5.2)$$

де  $\bar{x}$  – вибіркове середнє.

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}. \quad (5.3)$$

Дослідження психофізіологічних показників було проведено у 18 чоловік, які мали клінічні ознаки емоційного стресу.

Одним із математичних методів обробки матеріалів психологічних досліджень, спровокованих емоційним стресом, є статистичне згрупування.

Дані, отримані в процесі психологічного дослідження за допомогою психологічних тестів *Холмса і Раге* [131], систематизовані за допомогою простого групування, яке полягає в упорядкуванні за однією ознакою. Далі, усіх досліджуваних, що увійшли до вибіркової сукупності, групуємо за певними ознаками: віком, оцінкою фізіологічного стану організму та психологічними ознаками тощо.

Результат групування одиниць спостереження за визначеною ознакою записуємо у вигляді статистичного ряду [123]. Ознаку, а саме емоційну стійкість, за якою проводиться групування, позначаємо через  $x$ .

Припустимо, що  $x$  – це обсяг емоційної стійкості кожної людини в групі. Отримаємо неупорядкований ряд окремих спостережень:

6, 8, 4, 7, 8, 5, 9, 6, 7, 7, 8, 7, 7, 6, 9, 5, 7, 8 (об'єктів).

Записуємо окремі спостереження у порядку збільшення вказаних вище значень ознаки прояву емоційного стресу та отримаємо варіаційний ряд:

4, 5, 5, 6, 6, 6, 7, 7, 7, 7, 7, 8, 8, 8, 8, 9, 9 (об'єктів).

Далі підраховуємо, як часто кожне значення цієї ознаки зустрічається в сукупності. В результаті отримуємо частотний розподіл для цієї ознаки (табл. 5.2). Його ще називають емпіричним або статистичним розподілом.

**Частотний розподіл емоційної стійкості**

Обсяг емоційної стійкості, $x_i$	Частота $f_i$	Накопичена частота $f_{ni}$
4	1	1
5	2	3
6	3	6
7	6	12
8	4	16
9	2	18
Кількість значень $k=6$	Кількість людей $n=18$	—

Кожне окреме значення ознаки позначаємо  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ . Це 4, 5, 6, 7, 8, 9 (об'єктів), а кількість значень  $k = 6$ .

Абсолютні числа, які показують, скільки разів зустрічається те чи інше значення ознаки  $x$ , називають частотами і позначають відповідно  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_k$ .

Відносною частотою називають долю значень ознаки в загальному числі спостережень і позначають  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_k$ .

Для наведеного в таблиці 5.2 частотного розподілу частота найбільшого значення ознаки 9 об'єктів дорівнює 2, а відносна частота

$$\omega_6 = \frac{f_6}{n} = \frac{2}{18} = 0,11. \quad (5.4)$$

Відносну частоту виражають у відсотках:  $\omega_6 = 11\%$ .

Для подальшого статистичного опрацювання та більш наочного подання даних окремі значення ознак об'єднуємо в групи (інтервали). В такому випадку частоти співвідносять вже не з кожним окремим значенням ознаки, а з рядом значень, які потрапляють у певний інтервал. Розподіл обсягу емоційної стійкості представлений у вигляді інтервального ряду в таблиці 4.3.

Таблиця 5.3

**Інтервальний ряд розподілу емоційної стійкості**

Інтервали обсягу емоційної стійкості <i>m</i>	Частота <i>f</i>	Відносна частота <i>ω</i> , %	Накопичена частота <i>f<sub>n</sub></i>	Накопичена відносна частота <i>ω<sub>n</sub></i> , %
4-5	3	16,7	3	16,7
6-7	9	50,0	12	66,7
8-9	6	33,3	18	100,0
<i>m</i> = 3	18	100	–	–

На відміну від простого групування, яке виконується за однією ознакою, перехресне групування являє собою зв'язування фактів за рядом ознак, що були виділені у гіпотезах. Перехресне групування дозволяє визначити тісноту зв'язків, а в деяких випадках – і напрям взаємодії.

Групування – це лише перший етап статистичного аналізу отриманих даних, пов'язаних із визначенням рівня емоційного стресу. Наступний крок опрацювання полягає в отриманні деяких узагальнюючих характеристик, які дозволяють глибше зрозуміти особливості одиниці спостереження. Сюди відносять середнє значення ознаки, навколо якого варіюють інші її значення, а також міру розсіювання ознаки. До середніх величин у математичній статистиці відносять середнє арифметичне, медіану, моду, до показників міри розсіювання – варіаційний розмах, дисперсію, середнє квадратичне відхилення тощо.

Середнє арифметичне значення [123, с. 12] є часткою від поділу суми всіх значень ознаки емоційного стресу на кількість вимірювань та позначається через  $x$ . Формула для обчислення має вигляд:

$$x = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = (1/n) * \sum x_i, \quad (5.5)$$

де  $x_1, \dots, x_n$  – значення ознаки;  $n$  – кількість вимірювань (або випробувань).

Отже, середнє значення емоційної стійкості, характерної для групи людей буде таким:

$$x = (6+8+4+7+8+5+9+6+7+7+8+7+7+6+9+5+7+8)/18 = 6,9 \text{ (об'єктів).}$$

Необхідність визначення середнього значення ознаки особливо часто виникає за результатами групування. В цьому випадку користуються середнім арифметичним зваженим значенням ознаки, яке визначається з формули:

$$x = (x_1 f_1 + x_2 f_2 + x_3 f_3 + \dots + x_k f_k) / (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_k) \quad (5.6)$$

де  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$  – варіанти значень ознаки;  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_k$  – частоти варіантів значень ознаки.

Середнє зважене значення емоційної стійкості буде таким:

$$x = (4 \cdot 1 + 5 \cdot 2 + 6 \cdot 3 + 7 \cdot 6 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 2) / (1 + 2 + 3 + 6 + 4 + 2) = 124 / 18 = 6,9 \text{ (об'єктів).}$$

Медіаною ( $M_e$ ) [123] називають значення ознаки, яке знаходиться всередині варіаційного ряду і поділяє його строго навпіл. Щоб знайти медіану, спочатку визначають її порядковий номер. Для цього при непарному числі одиниць спостереження до суми усіх частот додається одиниця і все ділиться на два. При парному числі одиниць спостереження в ряду будуть дві середні одиниці медіана визначається як середня із значень цих двох одиниць. Знаючи порядковий номер медіани, легко за накопиченими частотами знайти її значення.

Значення медіани обчислюється, поділивши суму частот на 2, визначаємо порядковий номер медіани. З накопиченої частоти  $f_n = 12$  визначаємо, що всі окремі спостереження з 7 по 12 мають значення 7. Отже, медіана  $M_e = 7$ .

В інтервальних рядах з різними значеннями частот; медіана обчислюється в два етапи: спочатку знаходиться медіанний інтервал, яко-



му відповідає перша з накопичених частот, що перевищує половину всього обсягу сукупності, а потім вираховується значення медіани за формулою

$$M_e = \frac{x_0 + h}{\omega_{M_e} \left( \frac{1}{2} \sum \omega_i - \omega_{n(M_e-1)} \right)}, \quad (5.7)$$

де  $x_0$  – початок (нижня границя) медіанного інтервалу;  $h$  – величина медіанного інтервалу;  $\sum \omega_i$  – сума відносних частот;  $\omega_{n(M_e-1)}$  – відносна частота, що накопичена до медіанного інтервалу;  $\omega_{M_e}$  – відносна частота медіанного інтервалу.

Проведемо обчислення за даними таблиці 5.3, де в останньому стовпчику наведені відносні накопичені частоти. Перша з них, що перевищує половину сукупності, дорівнює 66,7 %, Отже, медіана належить інтервалу в 6–7 об'єктів. Тому  $M_e = 6 + 1/50(1/2 \cdot 100 - 16,7) = 6,7$  (об'єктів).

Модую ( $M_0$ ) [123] в математичній статистиці називають значення ознаки, яке найчастіше зустрічається в цій сукупності. Так, модою буде обсяг емоційної стійкості 7 об'єктів, оскільки саме це значення зустрічається у виборці найчастіше. Варіаційний розмах дорівнює  $9 - 4 = 5$  (об'єктів).

В науковій практиці існує багато підходів до прогнозування та діагностики певного виду патології. Методологія вірогіднісного методу є найоптимальнішою для використання та полягає у визначенні ймовірності для певного переліку діагностичних параметрів з подальшим розрахунком ймовірності кожного з можливих діагнозів. Розв'язання цього завдання будується на основі використання формули Байєса та основних її алгоритмів. Мета полягає в розрахунку та оцінці ймовірності перебігу емоційного стресу організму за комплексом діагностичних результатів.

Всі діагностичні методи та психофізіологічні параметри не є уніфікованими і мають свої переваги та недоліки, тому обраний перелік параметрів не може бути довільним, а повинен складатися тільки з високоінформативних критеріїв загально прийнятих методів діагностики.

Для побудови діагностичної моделі використовуються параметри з високим рівнем інформативності (інформаційної міри Кульбака) [123].

Оцінка проводилась за формулою [141, с. 12]:

$$J(x) = 100 \lg \frac{P(x_j / A1)}{P(x_j / A2)} \cdot \frac{P(x_j / A1) - P(x_j / A2)}{2}, \quad (5.8)$$

де  $J_x$  – інформаційна цінність параметру;  $P(x_j / A1)$  – умовна ймовірність інформаційної групи  $j$  ознаки  $x$  в сукупності хворих з певною стадією емоційного стресу ( $A1$ );  $P(x_j / A2)$  – умовна ймовірність інформаційної групи  $j$  ознаки  $x$  в контрольній групі  $A2$ .

Групи високої ймовірності діагностики тяжких форм емоційного стресу формувалися на основі розрахунку прогностичних коефіцієнтів (ПК) кожного з параметрів клінічних досліджень. Розрахунки проведено на основі розробленої *А. А. Генкіним* і *Е. В. Гублером* методики неоднорідної послідовної процедури, що базується на послідовному аналізі Вальда [141, с. 23]:

$$ПК(x_o) = 100 \lg \frac{P(x_j / A1)}{P(x_j / A2)}, \quad (5.9)$$

де  $ПК(x_j)$  – прогностичний коефіцієнт для певного діапазону діагностичного параметра.

Контрольна група формувалась динамічно для кожного досліджуваного параметра. До неї увійшли хворі з порушенням функціонування нервової та серцево-судинної систем, які не мали того діапазону клінічних характеристик, що оцінювалися. Наприклад,

оцінка відповідних параметрів у хворих з третьою (важкою) стадією процесу психоемоційних розладів проводилась з використанням контрольної групи, якою слугували хворі з I (легкою) та II (середньої важкості) стадіями.

Оцінка прогностичних діагностичних груп проводиться на основі визначення суми окремих прогностичних коефіцієнтів, при ймовірності пропуску групи високого прогнозу на рівні не більше 0,05 (похибка першого роду), та помилкового віднесення групи мінімального прогнозу до групи високого не більше 0,1 (похибка другого роду). Порогові табличні значення прогностичних коефіцієнтів при вищезазначених рівнях похибок складають від  $-120$  до  $+100$ . При досягненні верхнього порогу оцінюваний хворий може бути віднесений до контингенту високої ймовірності тяжкої форми психоемоційного стресу, а при досягненні нижнього – до контингенту мінімальної прогностичної ймовірності тяжких патологічних порушень, спровокованих стресом, нервової та серцево-судинної систем.

Діапазон між пороговими значеннями було пропорційно розділено на 3 частини: від  $-119,9$  до  $-50$  (групи зниженої ймовірності), від  $-49,9$  до  $+20$  (група середньої ймовірності) і від  $+20,1$  до  $+100$  (група підвищеної ймовірності), що дає можливість формувати групи з проміжними станами та більш диференційовано підходити до подальшої діагностики виникнення психоемоційного стресу і попередження та планування подальшої лікувальної тактики.

Цінність використаної методології обумовлена її простотою та можливістю багатоетапного застосування протягом будь-якого з періодів діагностування. Ця діагностична модель є суттєвим доповненням до системи клінічної діагностики психоемоційного стресу.

Зважаючи на те, що питання вибору тактики лікування стресу стоїть саме при тяжких його формах, нами у вигляді результативного прогностичного чинника обрано ймовірність діагностики психоемоційного стресу третьої стадії. Розроблена модель включає основні діагностичні параметри, що використовуються в клінічній практиці. Результати розрахунків прогностичних коефіцієнтів наведено в таблиці 5.4.

Комбіноване використання прогностичних коефіцієнтів, що відповідають певним діапазнам діагностичних результатів, дозволяє з одного боку дещо формалізувати діагностичні критерії і, разом з тим, оцінити їх прогностичну цінність для цієї категорії людей.

Таблиця 5.4

**Прогностичні коефіцієнти вірогідності діагностики тяжких форм емоційного стресу**

Ознака	Інформаційна група	Коефіцієнти	
		прогностичні	інформативності
Вік (років)	До 40	-14	1,2
	41-60	+2	
	старше 60	+11	
Оцінка функціонального стану організму	До 50 балів	+27	5,1
	51-69	+12	
	70-89	-16	
	90-100	-30	
Психологічні складові	Стійка	-22	2,2
	Помірна	-3	
	Неврівноважена	+10	

Методика прогнозування передбачає визначення суми прогностичних коефіцієнтів з окремих діагностичних результатів. Детальніше обстеження хворого дозволяє більш точно диференціювати характер процесу та його прогноз.

Базуючись на отриманих результатах для узагальнення оцінки діагностичних критеріїв емоційного стресу, був проведений багатофакторний аналіз взаємозалежності рівнів діагностичних параметрів та стадії розвитку стресу. Результати наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

**Аналіз взаємозв'язку діагностичних параметрів  
емоційного стресу**

Параметри	$R_{\text{пкк}}^*$	$D^{**}$ (%)
Вік	0,26	6,76
Оцінка функціонального стану організму	-0,45	20,25
Оцінка АТ	-0,69	47,61
Оцінка ЕЕГ	0,22	4,84
Оцінка ЕКГ	0,73	53,29
ФПГ	0,54	29,2
Тривалість захворювання	0,21	4,41
ШГР	0,38	14,44
ЕМГ	0,29	8,41
Психічні показники	0,29	5,76
Всі діагностичні параметри (множинні коефіцієнти)	0,94	88,36

Примітка: \* – парціальний коефіцієнт кореляції [123, с. 34]; \*\* – коефіцієнт детермінації [123, с. 46].

При наявності значного числа діагностичних параметрів іноді до-  
сить складно кількісно оцінити значущість кожного з них для  
діагностики ступеня емоційного стресу. Характер взаємозв'язку між  
вказаними параметрами можна оцінити, використовуючи парні  
коефіцієнти кореляції.

Проте, парні коефіцієнти кореляції є проміжним етапом багатофа-  
кторного кореляційно-регресійного аналізу. Вони не дають можливос-  
ті виділити ізольовану оцінку кожного з методів у системі діагности-  
ки, що обумовило необхідність проведення в ході дослідження з роз-  
рахунку множинних і парціальних коефіцієнтів кореляції  $R_{\text{пкк}}$ , які

відображають «чистий» вплив (значущість) кожного з проаналізованих методів. Крім того, на підставі парціальних коефіцієнтів кореляції розраховані коефіцієнти детермінації  $D$ , що відображають «чисту» діагностичну значимість методів в діагностичній моделі, виражену у відсотках. Такий підхід дозволяє підвищити об'єктивність порівняльної оцінки в силу різнорідності одиниць вимірювання окремих параметрів і сприяє уніфікації отриманих результатів. Адекватність моделі оцінюється за критерієм Фішера з прийнятим рівнем адекватності не нижчим 95 % ( $p < 0,05$ ).

Як видно з наведених даних (табл. 5.5) весь комплекс наведених діагностичних параметрів досить суттєво (на 88,36 %) визначає значимість діагностичної моделі у взаємозв'язку зі стадією емоційного стресу (множинний коефіцієнт кореляції  $-R = 0,94$ ). Необхідно зазначити факт нерівномірного розподілу значущості окремих параметрів. Пріоритетними в діагностиці (як і за попередньо проведеним аналізом) є оцінка артеріального тиску, ЕКГ та ФПГ ( $R = -0,69$ ,  $R = 0,73$ ,  $R = 0,54$ ). Інші діагностичні чинники мають меншу значимість для оцінки їх результатів.

### **5.3. Порівняльний аналіз розробленої МІС–ДЕС та існуючих аналогів**

Значне місце при дослідженні психоемоційного стресу належить розробленню методів апаратурної оцінки, контролю, прогнозуванню і регуляції, а також корекції функціональних станів діяльності людини на основі реєстрації біофізичних, електричних потенціалів та параметрів біологічно активних точок організму. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено доцільність використання цих апаратурних розробок в галузі інженерної психології, психофізіології праці, профілактичній і реабілітаційній медицині, що дозволило накопичити значний досвід регуляції психофізіологічних станів людини і підвищення її стійкості до дії стрес-факторів, попередження втомлюваності, ефективній діяльності в змінюваних і екстремальних умовах [142, с. 3].

До цієї апаратури належать: тренажер психічної саморегуляції з реєстрацією ефективності автосугестії за станом біологічно активних точок [143], спеціальний обчислювальний пристрій для автоматичної безперервної оцінки психофізіологічного стану за рівнем потенціалів біологічно активних точок [144, 145], пристрій для визначення енергії біопотенціалів [143], експериментальний комплекс перетворення біопотенціалів активних точок шкіри в цифровий код [146], комплекс для дослідження динамічної провідності і температури біологічно активних точок шкіри [147], аналоговий пристрій для фільтрації і нормування сигналів біологічно активних точок [148] тощо.

Застосування цієї психофізіологічної апаратури дозволяє дослідити залежність між індивідуально-особистісними особливостями і реакцією відповіді на стимуляцію біологічно активних точок.

Біоенергетичний підхід до контролю і регуляції психофізіологічного стану людини [149] визначає багатофункціональність впливу стрес-фактора у вигляді лазерного випромінювання низької інтенсивності, на ефективність діяльності людини і психофізіологічні процеси [150], а також використання гелій-неонового лазера для регуляції, корекції, контролю та прогнозування психофізіологічних станів людини і ефективності її діяльності [151, 152].

Експериментальний прилад електроенцефалотопометр, який оснований на методі електроенцефалографії, визначає електричні явища кори головного мозку лише як об'єктивні показники, що характеризують локалізацію та взаємодію основних нервових процесів в осередках оптимальної збудливості, не враховуючи при цьому адаптаційних можливостей організму та особистісних показників.

До складу комплексу психологічних апаратних методик входять: методика дослідження здібностей до утворення та перебудови сенсомоторних навичок – апарат для дослідження вищої нервової діяльності (ВНД); методика дослідження сенсомоторної координації та емоційної стійкості (емокоординометр); методика дослідження вольових зусиль (волюнтограф) тощо.

Вищевказаний комплекс для лабораторно-експериментальних психологічних досліджень не є повним, оскільки визначає тільки психологічні складові особистості.

Для повного визначення рівня емоційного стресу, окрім фізіологічних показників, необхідно також визначити адаптаційні можливості організму; когнітивні, емоційно-вольові, мотиваційні, особистісні сфери та певні риси характеру. Таким чином, якість розробленого методу та біомедичної системи для визначення рівня психоемоційного стресу може бути охарактеризована за такими параметрами: надійність, ефективність, різнобічність, гнучкість, точність та темп роботи, що становлять критерії об'єктивного вимірювання названих параметрів та визначення їх інтегрального показника.

Експериментальне дослідження за допомогою БС-РЕС характеру впливу емоційних станів на становлення та функціонування динамічного стереотипу показало наявність прямої залежності між швидкістю утворення динамічних стереотипів, фізіологічними показниками та емоційною стійкістю людини. На цій основі зроблено важливий практичний висновок про можливість прогнозування надійності та емоційної стійкості людини в екстремальних умовах на основі врахування характеру адаптаційних можливостей організму та особистісних показників людини.

Основним механізмом функціонування емоційно-вольової сфери особистості є доміанти, що виникають і взаємодіють на різних рівнях вищої нервової діяльності.

Розробка БС-РЕС здійснювалася на основі узагальнених даних теоретичних та експериментальних досліджень, з вивчення природи емоційного стресу та визначенню методів його виявлення. Вихідними визначалися положення про те, що емоції не тільки формуються в діяльності, але і проявляються при народженні; стрес є синтезом природних і набутих емоційних властивостей.

Одним із апаратних аналогів спеціалізованого психофізіологічного обстеження є реєстрація емоційної напруженості, що змінюється у відповідь на пред'явлення психологом відповідного стимульного матеріалу. Крім такого прямого використання індикатора емоційної на-



пруженості людини «Вектор 01.1», визначальне значення має його зворотне застосування з метою вимірювання індивідно-типових особливостей емоційної напруженості та здатності до емоційно-вольової самореалізації.

Апаратурний комплекс «Вектор 01.1» складається з трьох блоків – лабіліметра, реактотетра і тремометра, з'єднаних з комп'ютером, що дозволяє за результатами тестування сортувати дані за прізвищами та іменами, датами і часом, переглядати дані в повному обсязі або за окремими пробами, конвертувати дані в Excel, роздруковувати їх на принтері.

Таким чином, все вищезгадане дозволяє зробити висновок про те, що розвиток психологічних досліджень в галузі апаратних вимірювань психофізіологічних станів людини є компонентом об'єктивізації показників готовності до екстремальних ситуацій, але не здатним прогнозувати виникнення психосоматичних захворювань.

Біомедична система МІС–ДЕС призначена для визначення рівня психоемоційного стресу в стаціонарних умовах шляхом реєстрації, аналізу і представлення даних, отриманих в результаті аналізу фотоплетизмограми або тетраполярної реограми, шкірно-гальванічної реакції, електроміограми та психологічних методик: Холмса і Раге, теплінг-тесту В. А. Жмурова.

Біомедична система МІС–ДЕС призначена для використання в клінічних і санаторно-курортних установах; діагностичних центрах; центрах відбору персоналу, особливо при відборі на посади, пов'язані з підвищеним емоційним напруженням; в спортивній медицині; органах внутрішніх справ, СБУ тощо.

Результати аналізу фізіологічної і психічної компонент надаються лікарю у вигляді комбінації аналогових і цифрових даних на екрані монітора або паперовому носії; зберігаються у відповідних базах даних на жорстких магнітних дисках; передаються каналами зв'язку через відповідні інтерфейси.

Порівняльний аналіз фізіологічних та психологічних характеристик, а також переваги та ефективність біомедичної системи для визначення рівня емоційного стресу та її аналогів [153] наведені в табл. 5.6.

Табл. 5.6

## Порівняльні характеристики МІС-ДЕС та його аналогів

№ п/п	Найменування	Методи вимірювання	Критерії оцінки	Область дослідження	Засоби вимірювання	Характерні особливості
1	2	3	4	5	6	7
1	Плетизмограф	Плетизмографічний, електрокардіографічний	ЕКГ, АТ, ПК, ЧСС	Гемодинамічні показники	Оптична плетизмографія, термографія, відведення ЕКГ	Відображення на двох кривих та всіх параметрів одночасно, сигнали тривоги
2	Електроміограф	Електроміографічний	М'язове напруження	Електрохімічна активність м'язів	Електроди	–
3	Електроенцефалограф	Енцефалографічний	Нервова система	Електрична активність головного мозку	Відведення для ЕЕГ	–
4	Прилад для вимірювання шкірного потенціалу	Шкірно-гальванічний опір	Електрошкірні	Власна біоелектрична активність шкіри	Електроди	–
5	Прилад добового моніторингу АТ	Реографічний	ПК, серцево-судинна система	Гемодинамічні показники	Оклюдійна манжетка	Збереження та оброблення медичної інформації за допомогою ОС
6	Система охорони серця S.O.S	Реографічний, електрокардіографічний	ЧСС, ПК	Електрична активність серця, гемопказники	Оклюдійна манжетка, електроди	Безперервне спостереження
7	Поліаналізатор, аналізатор кліренсів, аналізатор кривих розведення	Плетизмографічний	Функціональна діагностика ПК	Параметри зовнішнього дихання, гемодинамічні показники	Засоби оптичної плетизмографії	Вмонтовані обчислювачі з власними вимірювальними каналами

Продовження табл. 5.6

1	2	3	4	5	6	7
8	Поліграф	Сфігмограма, електрокардіографічний, фонокардіографічний, реографічний, електроміографічний	ЧСС, НС, ПК, ССС, м'язове напруження	Електрична активність серця, гемопоказники, електрохімічна активність нервів, визначення рівня схвильованості	Датчики, електроди, оклюзійна манжетка, тензометричні датчики, психологічна підготовка	Обробка результатів за допомогою ЕОМ
9	Телемедична електрокардіографічна система	Реографічний, електрокардіографічний	ПК, ЧСС	Електрична активність серця, гемодинамічні показники	Оклюзійна манжетка, електроди, пульсоксиметр	ОС Windows, відеокамера, GSM-телефон, периферійні пристрої, передача даних в реальному часі
10	МІС-ДЕС	Плетизмографічний, реографічний, шкірногальванічний, електроміографічний, електрокардіографічний, електроенцефалографічний, психологічний	ПК, ЧСС, електрошкірні, НС, м'язова напруженість, психічний стан	Гемодинамічні, електрична активність серця, електрохімічна активність нервів, електрична активність головного мозку, власна біоелектрична активність шкіри, визначення стресостійкості і психологічної адаптації	Фізіологічні сенсори, датчики; психологічні методики: Холмса-Рейт, теплінг-тест В. А. Жмурова	Фізіологічний сенсор, оперативна пам'ять, відео карта, VGA, монітор, HDD, LPT, USB-порт, операційна система Windows XP

## ПІСЛЯМОВА

Проблема емоційного перенапруження є однією з головних у зв'язку із змінами в способі життя і трудовій діяльності, які викликані наслідками науково-технічної революції.

Існуючі класифікації і моделі емоційного стресу та його розвитку в негативному і позитивному напрямках визначають індивідуальну значимість стресорів і дозволяють розглядати стрес, як фізіологічний синдром неспецифічних реакцій організму людини на пред'явлені до неї потреби. Їх детальний аналіз показав, що на сьогодні не існує достатньо досконалого інструментарію, який дозволив би не тільки оцінювати і вимірювати рівень емоційного стресу якісно і кількісно, а й забезпечив би формування прогнозу його розвитку і можливих наслідків та ускладнень.

Вперше побудовано структурну модель визначення типу поведінки людини при реакції на стрес, яка на відміну від існуючих, визначає кількісні та якісні показники його впливу, що дозволяє отримувати прогноз позитивного розвитку подій або наслідків при будь-якій поведінці людини в умовах стресу. На відміну від негативного напрямку розвитку стресу, тільки позитивний дозволяє визначати адаптаційні можливості людини та оцінювати рівень внутрішньої регуляції психічної діяльності (стресостійкості) за рахунок введення біологічного зворотного зв'язку.

На основі розробленої моделі виникнення захисних механізмів психічної адаптації, встановлено логічно обґрунтовану відповідність типів захисту типам особистості через типи імовірнісних нервових розладів, їхні характеристики та особливості, що дозволяє розглядати психологічний захист, як окрему складову стратегії поведінки і таку, що представляє собою адаптаційний механізм психічної саморегуляції в конфліктній ситуації.

Вперше розроблено метод визначення рівня емоційного стресу, який побудований на гіпотезі про подібність форми хвилі стресу, і траполярної реограми і який забезпечує, шляхом введення нормуючих коефіцієнтів і відповідних математичних виразів, визначення системи параметрів емоційного стресу, що дозволяє оцінювати або вимірювати

в якісних та кількісних показниках рівень психоемоційного стресу та прогнозувати його розвиток і можливі ускладнення.

Метод передачі медичної інформації та її зберігання в базі даних в частині створення програмного забезпечення та системи збору інформації і зв'язку дозволяє проводити аналіз медичної інформації для встановлення причинно-наслідкових зв'язків і причин виникнення стресу та забезпечити можливість дистанційного консультування людей, які отримали дію емоційного стресу в режимі реального часу. Карта прогнозу стану хворого з діагнозом «емоційний стрес» дає можливість прогнозувати ймовірність виникнення патологічних відхилень в роботі серцево-судинної системи внаслідок тривалого негативного впливу емоційного стресу. Вона сформована на основі застосування інформаційних технологій і аналізу інформації персональної електронної картки пацієнта.

Структурна схема біомедичної системи реалізовує відповідний метод та включає в себе: сенсори фізіологічних і психологічних даних, підсилувачі, сігма-дельта АЦП, мікроконтролер, інтерфейсне і периферійне забезпечення, гальванічну оптоелектронну розв'язку і забезпечує у сукупності з відповідним математичним, інформаційним та програмним забезпеченням вимірювання рівня психоемоційного стресу за визначеними кількісними показниками. Обґрунтовано вибір відповідного мікроконтролера та детально описано його переваги у якості параметрів технічних характеристик. Наведено електричні схеми ОП, що були вибрані при проектуванні апаратної частини біомедичної системи для визначення рівня емоційного стресу.

Оцінювання ефективності розробленого методу визначення рівня стресу здійснюється шляхом використання інтегрального показника, який представляє собою сукупність медичних, економічних і соціальних складових, а також багатофункціональної прогнозної моделі, яка в свою чергу складається із прогнозної та оціночної складових.

Модель взаємодії особистості і емоційного стресу визначає характеристики психологічної і психічної компонент здоров'я людини та враховує індивідуальні адаптаційні можливості і механізми, фізичну тренуваність особистості і забезпечує кількісну та якісну оцінку не тільки рівня стресу, а і його впливу на функціональний стан людини.

Вперше, на основі розробленої моделі виникнення захисних механізмів психічної адаптації, встановлено логічно-обґрунтовану відповідність типів захисту типам особистості, через типи імовірнісних нервових розладів за довідником DSM–III–R<sup>3</sup>, їхні характеристики та особливості і дозволяє розглядати психологічний захист, як окремий випадок стратегії поведінки, який є водночас адаптаційним механізмом психічної саморегуляції в конфліктній ситуації.

Для оцінювання регуляторних механізмів серцевого ритму на основі отриманих масивів кардіоінтервалів, обчислено: математичне очікування, моду, амплітуду моди, середньоквадратичне відхилення, варіаційний розмах, індекс напруги та стаціонарність серцевого ритму, що підтвердили високу ефективність роботи МІС–ДЕС.

Біомедична система МІС–ДЕС має значні переваги порівняно з її аналогами, що обумовлені здатністю визначати рівень емоційного стресу шляхом комплексного діагностування психофізіологічних показників організму людини, використовуючи фотоплетизмограму або тетраполярну реограму, шкірно-гальванічну реакцію, електроміограму та психологічні методики: Холмса і Раге, теппінг-тесту В. А. Жмурова і забезпечують, на відміну від аналогів, визначення особистісних показників психічної адаптації людини.

Таким чином, запропонований метод і пристрій дозволяє отримати принципово нову якість здійснення повсякденного об'єктивного контролю за ступенем розвитку емоційного стресу в реальних умовах життя людини.

## ДОДАТОК А

### Медико-технічні вимоги (проект) на розробку МІС-ДЕС

#### 1. Назва і область застосування виробу

1.1. Біомедична система для визначення рівня емоційного стресу БС–РЕС.

1.2. Біомедична система БС–РЕС призначена для визначення рівня емоційного стресу в стаціонарних умовах шляхом реєстрації, аналізу і представлення даних, отриманих в результаті аналізу фотоплетизмограми або тетраполярної реограми, шкірно-гальванічної реакції, електроміограми та психологічних методик: Холмса і Раге, теппінг-тесту В. А. Жмурова.

1.3. Біомедична система БС–РЕС призначена для використання в клінічних і санаторно-курортних установах; діагностичних центрах; центрах відбору персоналу, особливо при відборі на посади, пов'язані з підвищеними емоційними напруженнями; в спортивній медицині; органах внутрішніх справ, СБУ тощо.

#### 2. Мета і призначення розробки

2.1. Мета розробки полягає в підвищенні інформативності визначення рівня психоемоційного стресу шляхом створення біомедичної системи для визначення його рівня.

2.2. Біомедична система БС–РЕС повинна реєструвати та обробляти в автоматизованому або автоматичному режимах: фізіологічну компоненту – фотоплетизмограму або тетраполярну реограму; шкірно-гальванічну реакцію, електроміограму, електроенцефалограму, електрокардіограму та психічну – рівень стресостійкості і соціальної адаптації, експрес-діагностику властивостей нервової системи, диференційну діагностику депресивних станів.

2.3. Результати аналізу фізіологічної і психічної компонент повинні бути представлені лікарю у вигляді комбінації аналогових і цифрових даних на екрані монітора або паперовому носії; зберігатися у відповідних базах даних на жорстких магнітних дисках; передаватися каналами зв'язку через відповідні інтерфейси.

### 3. Медичні вимоги

3.1. По психічній компоненті система БС–РЕС повинна забезпечувати проходження і подальшу обробку результатів за такими методиками тестування:

3.1.1. Методика визначення стресостійкості і соціальної адаптації Холмса і Раге, відповідно до якої, кількість балів, отриманих тестованим при відповідях на питання опитувальника, характеризує ступінь опору стресу наступним чином:

<u>кількість балів</u>	<u>ступінь опору стресу</u>
а) 150–199	високий;
б) 200–299	пороговий;
в) 300 і більше	низький (означає реальну небезпеку).

3.1.2. Методика експрес-діагностики властивостей нервової системи за психомоторними показниками Є. П. Ільїна (теппінг-тест).

Суть теппінг-тесту полягає в тому, що обстежуваний в неперервному режимі за допомогою відповідного сенсора, повинен проставити максимальну кількість точок за 10 секунд в 4-х прямокутниках розміром 6×10 см. При цьому за типом (частоті) темпу встановлюється його відповідність стану нервової системи:

<u>тип темпу</u>	<u>стан нервової системи</u>
а) опуклий (70 і більше точок)	сильна нервова система;
б) рівний (50–69 точок)	нервова система середньої сили;
в) спадаючий (40–49 точок)	слабка нервова система;
г) проміжний (30–39 точок)	середньо-слабка нервова система;
д) увігнутий (менше 30 точок)	середньо-слабка нервова система.

3.1.3. Методика диференційної діагностики депресивних станів В. А. Жмурова, яка за результатами тесту класифікує депресивний стан таким чином:

- депресія відсутня або незначна (апатія);
- депресія мінімальна (гіпотимія, поганий настрій);
- легка депресія (дисфорія);



- помірна депресія (розгубленість);
- виражена депресія (тривога);
- глибока депресія (страх).

3.2. По фізіологічній компоненті система БС–РЕС повинна забезпечувати реєстрацію, аналіз і представлення даних фотоплетизмограми або тетраполярної реограми, шкірно-гальванічної реакції, електроміограми, електроенцефалограми та електрокардіограми.

3.2.1. Розрахунок показників емоційного стану здійснюється, виходячи із подібності форм хвилі емоційного стресу (рис. А1) і форми фотоплетизмограми або тетраполярної реограми (рис. А2).

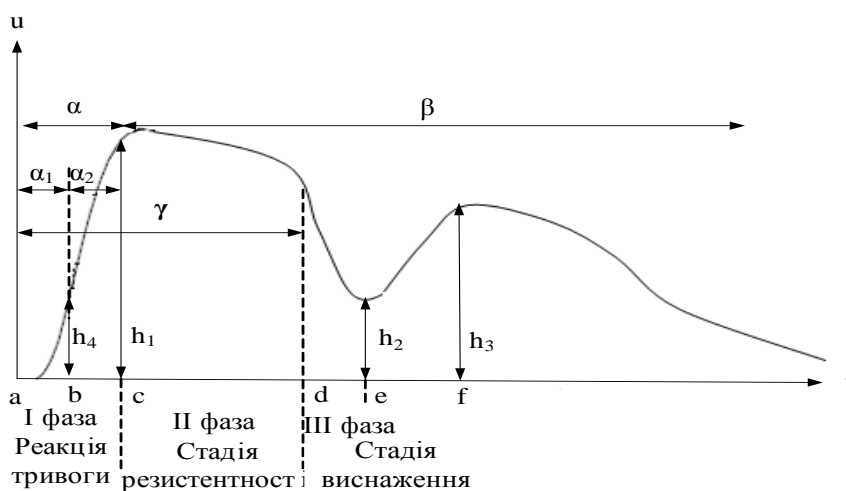


Рисунок А1 – Хвиля емоційного стресу

Для визначення рівня емоційного стресу необхідно сформулювати таблицю відповідності параметрів хвилі стресу та аналогічних їм параметрів фотоплетизмограми (табл. А1).

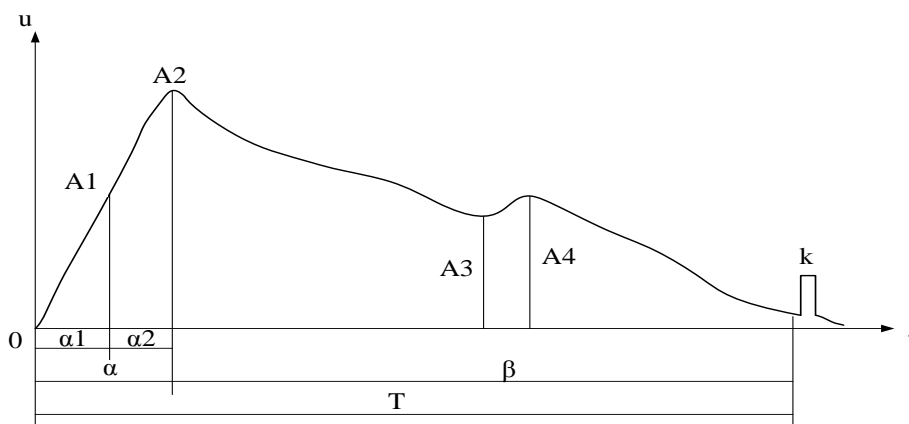


Рисунок А2 – Форма фотоплетизмограми або реограми

Таблиця А1

Таблиця відповідності параметрів

Показники	
Хвиля стресу	Реограма
$\alpha_1$	$\alpha_1$
$\alpha_2$	$\alpha_2$
$\alpha$	$\alpha$
$\beta$	$\beta$
$T$	$T$
$h_1$	$A_2$
$h_2$	$A_3$
$h_3$	$A_4$
$h_4$	$A_1$

3.2.2. Біомедична система БС–РЕС повинна визначати рівень психоемоційного стресу за такими показниками фотоплетизмограми або тетраполярної реограми:

- $P_C = \frac{\alpha}{T}$  – показник стресостійкості людини до впливу несприятливих факторів;
- $I_C = \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_3}{A_2}$  – індекс стресу;
- $I_{Ca} = \frac{h_3}{h_1} = \frac{A_4}{A_2}$  – індекс страху, який відображає витрати адаптаційних резервів людини;
- $I_{C\phi} = I_C - I_{Ca}$  – фактичний індекс стресу;
- $t = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$  – часовий показник стресостійкості;
- $A_0 = \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_3}{A_2}$  – амплітудний показник стресостійкості;
- $V_u = \frac{h_4}{\alpha_1} = \frac{A_1}{\alpha_1}$  – показник швидкості розвитку (початку) шоку;
- $W_u = \frac{h_1 - h_4}{\alpha_2} = \frac{A_2 - A_1}{\alpha_2}$  – показник швидкості протікання шоку;

- $R = \frac{h_1}{\alpha} = \frac{A_2}{\alpha}$  – показник швидкості реакції тривоги.

3.2.3. Біомедична система БС–РЕС повинна визначати рівень емоційного стресу за такими показниками шкірно-гальванічної реакції (рис. А3):

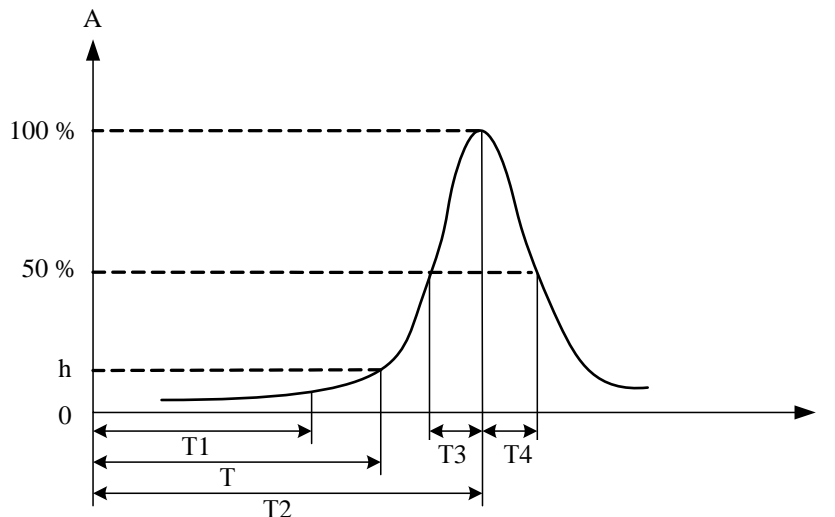


Рисунок А3 – Фазична складова ШГР

- $T = 1,5–3$  с – латентний період (від моменту подачі подразника до моменту появи реакції);
- $T_2 = 3–6$  с – період від моменту подачі подразника до максимальної амплітуди сигналу;
- $T_3 = 0,5–1,5$  с – період наростання реакції від 50 % до 100 % амплітуди сигналу;
- $T_4 = T_2 - 2 \cdot T_3$  (с) – латентний період  $T$  (вимірюваний непрямым шляхом);
- $A$  – амплітуда сигналу в мВ або %.

3.2.4. Біомедична система БС–РЕС повинна визначати рівень психоемоційного стресу за такими параметрами електроміограми:

- латентний час напруження (ЛЧН) – час від подачі стимулу або подразника до появи реакції м’яза;
- латентний час розслаблення (ЛЧР) – час від максимального напруження м’яза до його повного розслаблення.

Рівняння балансу енергії:

$$E = F\Delta l + a\Delta l = \Delta l(F + a),$$

де  $F\Delta l$  – механічна робота;  $a\Delta l$  – тепловиділення.

Рівняння потужності:

$$\frac{dE}{dt} = (F + a) \frac{d(\Delta l)}{dt} = V(F + a),$$

де  $V$  – середня швидкість скорочення м'яза.

Однією із основних характеристик м'язової системи при аналізі психоемоційного стресу є потужність м'яза. Експериментально встановлено, що потужність м'яза пропорційна його навантаженню:

$$\frac{dE}{dt} = b(F_{\max} + F),$$

де  $F_{\max}$  – сила, яку розвиває м'яз при максимальному навантаженні;  $F$  – сила навантаження.

Порівнявши наведені рівняння, отримаємо рівняння Хілла:

$$V(F_{\max} + a) = b(F_{\max} + F),$$

$$(F + a)(V + b) = (F_{\max} + a) = \text{const}.$$

Безпосередньо з зареєстрованої електроміограми визначаються: М-хвиля (або М-спуск); Н-хвиля (або Н-відгук); відношення  $\frac{M_{\max}}{H_{\max}} \cdot 100$  %.

3.3. Кількість людей, що можуть проходити обстеження одночасно – 1.

3.4. Час обстеження однієї людини – не більше 30 хвилин.

#### 4. Технічні вимоги

4.1. Склад виробу.

4.1.1. До складу біомедичної системи для визначення рівня емоційного стресу БС–РЕС входять:

- фізіологічний сенсор;
- програмне забезпечення;
- комплект з'єднувальних кабелів;
- ПЕОМ.

4.1.2. До складу фізіологічного сенсора входять:

- модуль фотоплетизмографії;
- модуль ШГР;
- модуль електроміографії;
- модуль електроенцефалографії;
- модуль електрокардіографії.

Живлення фізіологічного сенсора здійснюється від ПЕОМ.

4.1.3. Технічні вимоги до ПЕОМ:

Мінімальні параметри:

- процесор з тактовою частотою не нижче 300 МГц;
- оперативна пам'ять – не менше 64 МБ;
- відеокарта – не менше 8 МБ;
- VGA монітор з розширенням не менше 800×600;
- HDD ємністю не менше 1ГБ;
- наявність портів – LPT, USB;
- операційна система – Windows 98.

Рекомендовані параметри:

- процесор з тактовою частотою 1 ГГц і вище;
- оперативна пам'ять – не менше 256 МБ і більше;
- відеокарта – не менше 8 МБ;
- VGA монітор з розширенням 1024×768;
- HDD ємністю 10 ГБ і більше;
- наявність портів – LPT, USB;
- операційна система – Windows XP.

4.1.4. Технічні вимоги до мікроконтролера

- flash-пам'ять програм об'ємом 8–128 кБ (число циклів стирання / запису – не менше 1000);
- оперативна пам'ять об'ємом 1-4 кБ;
- пам'ять даних об'ємом 512 Б – 4 кБ (число циклів стирання / запису – не менше 100000);

- можливість захисту від читання і модифікації пам'яті програм і даних;
- можливість програмування безпосередньо в системі через послідовні інтерфейси SPI і JTAG;
- можливість самопрограмування;
- наявність програмного стека;
- наявність апаратного помножувача;
- число джерел переривань – не менше 27;
- 10-розрядний АЦП.

#### 4.2. Показники призначення.

4.2.1. Модуль фотоплетизмографії повинен мати два датчики, що працюють на проникаючому світлі;

4.2.1.1. Довжина хвиль, на яких працюють датчики, дорівнює 650 нм і  $870 \pm 20$  нм, що відповідає червоному та інфрачервоному діапазонам випромінювань.

4.2.1.2. Чутливість каналів повільних коливань – не менше 0,05 мВ/мм; швидкість коливань – не менше 0,01 мВ/мм.

4.2.1.3. Освітлювач фотосенсора повинен забезпечувати рівномірну освітленість і стабільну яскравість ділянки тіла площею 1 см<sup>2</sup>.

4.2.1.4. Діапазон вимірювання частоти серцевих скорочень становить 30–260 ударів за хвилину при похибці не більше  $\pm 5$  %.

4.2.1.5. Похибка вимірювання амплітуди пульсової хвилі – не більша  $\pm 5$  %.

4.2.1.6. Похибка вимірювання часових інтервалів пульсової хвилі – не більша  $\pm 5$  %.

4.2.2. Модуль реєстрації шкірно-гальванічної реакції і температури тіла.

4.2.2.1. Температура тіла повинна вимірюватись в діапазоні 32–41 °С при похибці не більшій  $\pm 0,2$  °С.

4.2.2.2. Похибка вимірювання латентних періодів і періодів наростання та спадання реакції не повинна перевищувати  $\pm 5$  %.

4.2.2.3. Рівень власних шумів – не більший 5 мкВ.

4.2.3. Модуль електроміографії.

4.2.3.1. Діапазон сигналів ЕМГ, що реєструються:

- по амплітуді – 50 мкВ ÷ 2 мВ;
- по частоті – 10 Гц ÷ 1,5 кГц.

4.2.3.2. Похибка вимірювання амплітуд визначається частотою дискретизації і розрядністю АЦП. Для ЕМГ мінімальне значення частоти дискретизації дорівнює 256 Гц.

4.2.4. Параметри попередніх підсилювачів ЕЕГ та ЕКГ повинні бути:

- придушення синфазної перешкоди – не менше 100 дБ;
- перехідні затухання між каналами – не менші 80 дБ;
- вхідний опір – не менший 5 МОм;
- рівень шумів, приведених до входу – не більше 9 мкВ в діапазоні частот 2 Гц – 2 кГц.;
- чутливість може встановлюватися програмним шляхом при похибці не більше 5 %.

4.2.5. Час безперервної роботи – 8 годин.

4.2.6. Час підготовки системи до роботи – не більший 5 хвилин.

4.2.7. Обслуговуючий персонал БС–РПС складається із психолога; технічне обслуговування здійснює інженер.

4.2.8. Вимоги по електробезпеці – за ГОСТ 12.2.025-76.

4.3. Перелік експлуатаційної документації:

- інструкція з експлуатації;
- паспорт;
- компакт-диск із програмним забезпеченням.

4.4. Вимоги по надійності – за ГОСТ 23.256-86.

4.5. Метрологічне забезпечення.

4.5.1. Метрологічне забезпечення виробу повинно бути вирішено методами і засобами, що використовуються в Україні.

4.5.2. Для експлуатації системи потрібні серійні засоби контролю. Також повинні бути передбачені програмні засоби самоконтролю, що входять до складу системи, або виконані у вигляді окремих модулів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кокс Т. Стресс / Том Кокс; [пер. с англ. проф. Л. А. Милютиной]. – М. : Медицина, 1981. – 216 с.
2. Федоров Б. М. Стресс и система кровообращения / Б. М. Федоров ; [рецензент – проф., зав. лаб. Ф. З. Меерсон]. – Москва : Медицина, 1990. – 310 с.
3. Тигранян Р. А. Стресс и его значение для организма / Р. А. Тигранян ; [отв. ред. и авт. предисл. О. Г. Газенко]. – М. : Наука, 1988. – 176 с.
4. Китаев-Смык Л. А. Психология стресса / Л. А. Китаев-Смык – М. : Наука. – 1983. – 316 с.
5. Психология эмоций : тексты / [под. ред. В. К. Вилюнаса, Ю. Б. Гиппенрейтер]. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 288 с.
6. Соколова Е. Д. Эмоциональный стресс: психологические механизмы, клинические проявления, психотерапия / Е. Д. Соколова, Ф. Б. Березин, Т. В. Барлас // *Material Medica*. – 1996. – №1(9). – С. 5–25.
7. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М. : Медицина. – 1979. – 298 с.
8. Китаев-Смык Л. А. О соотношении вегетативных и психических проявлений в экстремальных условиях / Л. А. Китаев-Смык // Системный анализ вегетативных функций. – 1978. – № 37. – С. 21–29.
9. Медведев В. И. Психологические реакции человека в экстремальных условиях / В. И. Медведев // Экологическая физиология человека. Адаптация человека к экстремальным условиям среды. – М. : Наука, 1979. – С. 625–622.
10. Бугров Я. С. Высшая математика. Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного : [учебник для вузов] / Я. С. Бугров, С. М. Никольский. – [3-е издание, испр.] – М. : Наука., 1989. – 464 с.
11. Туровская З. Г. О соотношении типологических особенностей высшей нервной деятельности с некоторыми характеристиками вегетативного реагирования / З. Г. Туровская // Проблемы дифференциальной психофизиологии. – М. : Педагогика, 1974. – С. 228–242.
12. Громова Е. А. Эмоциональная память и ее механизмы / Е. А. Громова. – М. : Наука, 1980. – 340 с.



13. Бассин Ф. В. О современном подходе к проблеме неосознаваемой психической деятельности (бессознательного) / Ф. В. Бассин, В. Е. Рожков // Вопросы философии. – 1975. – № 10. – С. 107.
14. Додонов Б. И. Классификация эмоций при исследовании эмоциональной направленности личности / Б. И. Додонов // Вопросы психологии. – М. : Наука, 1975. – № 6. – С. 12–18.
15. Фрейд З. Остроумие и его отношение к бессознательному. Страх. Тотем и табу / З. Фрейд. – Минск : Попудри, 1998. – 460 с.
16. Вейн А. М. Неврология неспецифических систем мозга / А. М. Вейн // Неврология неспецифических систем мозга. – М. : ММИ им. Сеченова, 1988. – С. 120.
17. Yerkes R. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation / R. Yerkes, J. Dodson // J. Contr. Neurol. Psychol., – 1908. – N. 18. – P. 459–482.
18. Судаков К. В. Системные механизмы эмоционального стресса / К. В. Судаков. – М. : Медицина, 1981. – 232 с.
19. Голов Ю. С. Подвиг милосердия / Ю. С. Голов // Военно-медицинский журнал. – 1989. – № 1. – С. 14–18.
20. Джонсон Д. А. Советы авиапассажирам. Соблюдение правил безопасности полета и спасение в аварийных ситуациях / Д. А. Джонсон. – М. : Транспорт, 1989. – С. 268–298.
21. Какуша В. Н. Экономические последствия стихийных бедствий / В. Н. Какуша // Гражданская оборона. Информационный сборник по материалам зарубежной печати. – 1989. – № 1. – С. 49–50.
22. Зубарев Ю. Г. Нервно-психические расстройства в экстремальной обстановке / Ю. Г. Зубарев // Военно-медицинский журнал. – 1990. – № 11. – С. 14 – 19.
23. Батаршев А. В. Психология индивидуальных различий: от темперамента к характеру и типологии личности / А. В. Батаршев. – М. : Гуманит, 2000. – 256 с.
24. Маклаков А. Г. Общая психология: учебник для вузов / А. Г. Маклаков. – Санкт-Петербург, 2005. – 583 с.
25. Венгер Л. А. Психология / Л. А. Венгер, В. С. Мухина. – М. : Просвещение, 1988. – 340 с.

26. Вітюк Н. Р. Особистість як суб'єкт конфлікту / Н. Р. Вітюк // Збірник наукових праць: філософія, соціологія, психологія. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ, 2006. – Вип.11. – Ч.1. – 254 с.
27. Загальна психологія: практикум : навчальний посібник / [В. В. Волошина, А. В. Долинська, С. О. Савицька та ін.] // – К. : Каравела, 2006. – 280 с.
28. Гольдштейн А. Тренінг умінь спілкування: як допомогти проблемним підліткам / А. Гольдштейн ; [пер. з англ. В. Хомик] – К. : Либідь, 2003. – 520 с.
29. Орбан-Лембрик Л. Е. Соціальна психологія : підручник у 2 кн. / Л. Е. Орбан-Лембрик // Соціальна психологія особистості і спілкування. – К. : Либідь, 2004. – кн.1. – 576 с.
30. Майерс Д. Социальная психология / Д. Майерс. – СПб. : Питер, 2005. – 7-е изд. – 794 с.
31. Калошин В. Ф. Як долати стрес у педагогічній діяльності / В. Ф. Калошин // Практична психологія та соціальна робота. – К. : Либідь, 2004. – 75 с.
32. Березин Ф. Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека / Ф. Б. Березин. – Л. : Наука, 1988. – 450 с.
33. Аверьянова Т. В. Криминалистика: ученик для вузов / Т. В. Аверьянова, Р. С. Белкин, Ю. Г. Корухов. [под. ред. Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Р. С. Белкина]. – М. : Издательская группа НОРМА-ИНФРАМ, 1999. – 446 с.
34. Тертель А. Л. Психология: учебн. пособие / А. Л. Тертель. – М. : ТК Велби, изд-во Проспект, 2006. – 248 с.
35. Берглезов М. А. Лазеротерапия в травматологии и ортопедии / М. А. Берглезов, В. В. Вялько, В. И. Угнивенко // Вест. травматол. и ортопед. им. Н. Н. Приорова. – 1996. – № 3. – с. 51–54.
36. Гамалея Н. Ф. Лазери в медицині / Н. Ф. Гамалея, З. М. Рудих, В. Я. Стадник. – К. : Здоров'я, 1988. – 220 с.
37. Бабенко О. І. Безпека життєдіяльності людини : навч. посібник / О. І. Бабенко, О. М. Задорожна, Р. І. Черевко. – К. : ІЗМН. – 1996. – 224 с.
38. Борисов А. П. Применение инфракрасной спектроскопии в криминалистических исследованиях : пособие / А. П. Борисов, В. В. Бибииков, А. П. Симонов. – М. : Изд. ВНИИ МВД СССР, 1972. – С. 47–49.

39. Небесна Т. Ю. Квантово-фармакологічні властивості адреналіну / Т. Ю. Небесна // Доповіді національної академії наук України. – № 7. – 2007. – С. 197–202.
40. Передирій В. Г. Стрес і його наслідки / В. Г. Передирій, М. М. Безюк. – К. : Нац. мед. унів., 2003. – 215 с.
41. Эман А. А. Биофизические основы измерения артериального давления / А. А. Эман. – Л. : Медицина., 1983. – 186 с.
42. Селиванов Е. И. Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС : межвуз. сб. науч. тр. / Е. И. Селиванов, А. В. Блинов. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. тех. ун-та, 1994. – Вып. 5 – С. 23–31.
43. Полищук В. И. Техника и методика реографии и реоплетизмографии / В. И. Полищук, Л. Г. Терехова. – М. : Медицина, 1983. – 300 с.
44. Cooper C. L. Cancer and Stress: Psychological, Biological and Coping Studies / Cooper C. L., Watson M. – N.Y., 1994. – 300 p.
45. Эверли Д. С. Стресс: природа и лечение [пер. с англ.] / Эверли Д. С., Розенфельд Р. – М. : Медицина, 1985, – 244 с.
46. Пат. 1814538 Российская Федерация, МПК А61 В5/04. Устройство для непрерывного слежения за деятельностью сердца / Юматов Е. А., Глазачев О. С. ; заявитель и патентообладатель Юматов Е. А. – № 93027568/14 ; заявл. 12.02.1987 ; опубл. 15.06.1990, Бюл. № 34. 10.12.87.
47. Методологічні підходи до реабілітації хворих та інвалідів внаслідок гіпертонічної хвороби / [А. В. Іпатов, О. В. Сергієні, О. М. Лисунець та ін.] // Мистецтво лікування. – 2005. – № 9 (25). – С. 23. – Режим доступу до журн.: <http://m-1.com.ua>. – Назва з екрану.
48. Кузенков Р. А. Разработка метода и структуры селективного измерительного средства периодического действия для определения электрофизиологических параметров человека / Р. А. Кузенков. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 1994. – С. 773–780.
49. Usefulness of non-linear EEG analysis / [S. Micheloyannis, N. Flitzanis, E. Papanikolaou et al] // Acta Neurol. Scand. – 1998. – Vol. 97. – P. 12–17.
50. New Neurodiagnostics technology for brain research on the basis of multivariate and nonlinear (deterministic chaos) analysis of an EEG /

[O. Yu. Mayorov, M. Fritzsche, A. V. Glukhov et al] // Achievements in Space Medicine into Health Care Practice and Industry. – Munchen, 2003. – P. 45–47.

51. Гуревич К. М. Психологическая диагностика : учебное пособие / К. М. Гуревич. – М. : Наука, 1997. – 267 с.

52. Кардашов В. П. Особливості даних спектрального аналізу основних ритмів ЕЕГ у дослідженнях функціонального стану головного мозку осіб, трудова діяльність яких може проходити в екстремальних умовах та надзвичайних ситуаціях / В. П. Кардашов // Науково-практичний журнал. – 2009. – Т. 15, № 3 (58), – С. 5-10. – Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Ap/2009\\_3](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ap/2009_3). – Назва з екрану.

53. Вейн А. М. Сон человека: физиология и патология / А. М. Вейн, К. Гехт. – М. : Наука, 1989. – 300 с.

54. Потапов И. В. Биомедицинское приборостроение / И. В. Потапов, В. А. Нагин, С. В. Селищев // «Биомедприбор – 2000» : междунар. науч.-техн. конф., 18-21. 2000 г. : тезисы докл. – М., 2000. – Ч. 2. – С. 217–218.

55. Андрухів А. Історія поліграфа / [електронний ресурс] / Андрухів А // Інформаційні технології. – 2007. – Режим доступу до журн. : <http://it.ridne.net/node/234>. – Назва з екрану.

56. Германов А. В. Компьютерная сфигмография и количественная оценка кинетики магистральных артерий / А. В. Германов, В. Н. Фатенков, О. В. Фатенков // Вестник новых медицинских технологий. – 2004. – Т. XI, № 1–2 – С. 16.

57. Коротков К. Г. Основы биоэлектрографии / К. Г. Коротков. – СПб.: СПбГИТМО, 2001. – 255 с.

58. Использование газорозрядной визуализации (ГРВ) в медицинской практике : методическое пособие / [К. Г. Коротков, Е. Н. Гринжола, Е. Ю. Струков, Д. М. Широков] ; под. ред. проф. Р. Н. Лемешева. – СПб.: СПбГИТМО, 2006. – 265 с.

59. Коротков К. Г. Принципы анализа ГРВ биоэлектрографии / К. Г. Коротков. – СПб. : Реноме, 2007. – 286 с.

60. Cioca G. H. A correlation between gdv and heart rate variability measures: a new measures of well being. In Measuring Energy Fields: State of the Art. Back-bone Publishing Co. Fair Lawn. – USA, 2004. – P. 59–64.

61. Alexandrova R. Analysis of the bioelectrograms of bronchial asthma patients. In *Measuring Energy Fields: State of the Art*. Back-bone Publishing Co. Fair Lawn. – USA, 2004. – P. 75–78.
62. Rizzo-Roberts N. GDV description and discussion of safety issues. In *Measuring Energy Fields: State of the Art*. Back-bone Publishing Co. Fair Lawn. – USA, 2004. – P. 25–30.
63. Bundzen P. Psychophysical and Genetic Determination of Quantum-Field Level of the Organism Functioning. // *Frontier Perspectives*, 2002. – V. 11, – № 2. – P. 59–64.
64. Unestahl L. E., Bundzen P. Integrated mental training. Neuro-biochemical mechanism and psycho-physical consequences. // *J Hypnosis*. – 1996. – № 23 (3). – P. 148–156.
65. Потапов И. В. Програмное обеспечение для измерения сфигмограммы / И. В. Потапов, В. А. Нагин, С. В. Селищев // *Биомедицинское приборостроение: труды международной конф.* – М. : «Биомедприбор – 2000». – Ч.1. – С. 119–124.
66. Судаков К. В. Кросс-корреляционный вегетативный критерий эмоционального стресса / К. В. Судаков, Е. А. Юматов, О. П. Тараканов // *Физиология человека*. – 1995. – Т. 23, № 3. – С. 87–95.
67. Зейгарник Б. В. Основы патопсихологии / Б. В. Зейгарник. – М. : Изд-во МГУ, 1973. – 304 с.
68. Стадников Е. Н. Стабилметрический метод психофизиологического исследования / Е. Н. Стадников // *Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Медицинские информационные системы»*. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2006. – № 11(66). – 279 с.
69. Моросанова В. И. Личностные аспекты саморегуляции произвольной активности человека / В. И. Маросанова // *Психологический журнал*. – 2002. – Т. 23, № 6. – с. 120.
70. Н. J. Eysenck. *Encyclopedia of Psychology* / Н. J. Eysenck, W. Arnold, R. Meili // Herder & Herder. – 1972. – Vol.1. – P. 25.
71. Блум Г. Психоаналитические теории личности / Г. Блум. – М. : КСП, 1996. – 247 с.
72. Демина Л. Д. Психическое здоровье и защитные механизмы личности : учебное пособие / Л. Д. Демина, И. А. Сальникова. – М. : МГУ, 1973. – 205 с.

73. Налчаджян А. А. Социально-психическая адаптация личности (формы, механизмы и стратегии) / А. А. Налчаджян. – Ереван : Издательство АН Армянской ССР, 1988. – 278 с.
74. Н. Hartmann. Ego psychology and the Problem of adaptation / Н. Hartmann. – NY., 1958. – P. 10.
75. Грановская Р. М. Элементы практической психологии / Р. М. Грановская – Л. : ЛГУ, 1984. – 320 с.
76. Макаренко О. Психологічні аспекти подолання стресу [електронний ресурс] / О. Макаренко, М. Голубєва // Соціальна психологія. – 2010. – № 2 (40). – Режим доступу до журн.: <http://www.politik.org.ua/news/news.php3?id=232&tpid=2#232>. – Назва з екрану.
77. Фрейд А. Психология «Я» и защитные механизмы / А. Фрейд. – М. : Наука, 1993. – 141 с.
78. Personality. Dynamics, development, and assessment / [I. Janis [a.o.]. – N. – Y. – 1969. – P. 25–31.
79. Das Ich und die Abwehrmechanismen / A. Freud. – L. – 1946. – P. 45.
80. Платонов К. И. Слово как физиологический и лечебный фактор / К. И. Платонов. – М. : Знание, 1962. – 186 с.
81. Акклиматизация человека в условиях полярных районов : материалы конференции [«ИЭМ АМН СССР»]. – Л. : Знание, 1969. – 171 с.
82. Симонов П. В. Эмоциональный мозг / П. В. Симонов. – М. : Наука, 1981. – 345 с.
83. Пат. № 1482718 Российская Федерация, МПК А 61N 1/36. Способ регуляции эмоционального напряжения и устройство для его осуществления / Попова Е. И., Малютин В. М.; заявитель и патентообладатель Попова Е. И., Малютин В. М. – № 5055246/14. ; заявл. 10.07.1992. ; опубл. 27.05.1995, Бюл. № 42. 10.11.95.
84. Адамчук А. В. Технология повышения психической стрессоустойчивости на основе БОС-тренинга: [технические науки] / А. В. Адамчук. – Таганрог : Известия ЮФУ, 2008. – С. 44–47. (Тематический выпуск).
85. Биотехнические системы. Теория и проектирование : учеб. пособие / В. М. Ахутин, А. П. Немирко, Н. Н. Першин и др. – Л. : Изд-во Ленинград. университета, 1981 – 220 с.

86. Злепко С. М. Концептуальні основи теорії психофізіологічної надійності / С. М. Злепко, М. Т. Бондарчук, С. В. Тимчик // Вісник ХНУ. – 2005. – Ч.1, Т.2. – С. 87–89.

87. Судаков К. В. Кибернетические свойства функциональных систем / К. В. Судаков // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 1. – С. 14–17.

88. Китаев-Смык Л. А. Психология стресса / Л. А. Китаев-Смык. – М. : Наука, 1983. – 268 с.

89. Круглицкий Н. Н. Основы физико-химической механики / Н. Н. Круглицкий. – К. : Вища школа, 1975 – 268 с.

90. Бурилич И. Н. Комплексная диагностика функциональных состояний по данным психологических и физиологических экспериментов / И. Н. Бурилич, Н. А. Корневский, И. М. Штотланд // Вестник новых медицинских технологий. – 2003. – Т. X., №3. – С.44–48.

91. Китаев-Смык Л. А. Вероятностное прогнозирование и индивидуальные особенности реагирования человека в экстремальных условиях / Л. А. Китаев-Смык // Вероятностное прогнозирование в деятельности человека. – М. : Наука, 1977. – С. 189–225.

92. Китаев-Смык Л. А. К вопросу об адаптации к невесомости / Л. А. Китаев-Смык // Психологические проблемы космических полетов. – М. : Наука, 1979. – С. 235–252.

93. Фрейд З. Избранное / З. Фрейд // Книга 2. – М. : Московский рабочий, 1990. – 176 с. : ил., табл. – Библиогр.: С. 169–176.

94. Шульц Д. Психологія і робота / Д. Шульц, С. Шульц. – СПб. : Питер, 2003. – С. 440–441.

95. Губарев Ю. М. Эмоциональный стресс в условиях нормы и патологии человека. – Л. : Медицина, 1976. – С. 27.

96. Д. Ван Тассел. Стил, разработка, эффективность, отладка и испытание программ / Д. Ван Тассел. – М. : Мир, 1985. – 332 с.

97. Основы техніки передавання інформації: підручник / Кветний Р. Н., Компанець М. М., Кривогубченко С. Г., Кулик А. Я. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2002. – 308 с.

98. Передача информации в ГАП. – К. : Вища школа, 1991. – 216 с.

99. Прогнозування перебігу остеоартрозу колінного суглоба / Зазірний І. М., Магомедов С. М., Бур'янов О. А., Євсєєнко В. Г.; Націо-

нальний медичний університет. – К. : Інститут травматології та ортопедії АМН України, 2005. – 24 с.

100. Пашуков Т. И. Психологические исследования : учебное пособие: практикум по общей психологии / Пашуков Т. И., Допир А. И., Дьяконов Г. В. – М. : Изд-во Институт практической психологии, 1996. – 296 с.

101. Конєва Л. Д. Взаємозв'язок психічної надійності кваліфікованих веслярів-слаломістів з їх психологічними особистісними властивостями / Л. Д. Конєва // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2006. – № 10. – С. 42–47.

102. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – [2-е изд., перераб. и доп.] – К. : Вища школа, 1986. – 238 с.

103. Цимбал В. П. Теория информации и кодирования: учебник / В. П. Цимбал. – [2 изд.] – К. : Вища школа, 1992. – 263 с.

104. Закон України «Про радіочастотний ресурс України»: абз. 19. – ст. 1. – [Чинний від 1 червня 2000 р.]: [в редакції від 24 червня 2004 р.].

105. Бакланов И Г. Технологии измерений первичной сети: часть 2. Системы синхронизации, В-ISDM, АТМ / И. Г. Бакланов. – М. : Эко-Трендз, 2002. – С. 45–48.

106. Теория передачи сигналов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, М. В. Назаров, Л. М. Финк. – М. : Радио и связь, 1986. – 304 с.

107. Берлексин Э. Алгебраическая теория кодирования / Э. Берлексин. – М. : Мир, 1971. – 477 с.

108. Джон К. Цифровая телефония: пер. с англ. / под ред. А. Н. Берлина, Ю. Н. Чернышова / К. Джон. – М. : Эко-Трендз, 2004. – 640 с.

109. Петрухин В. О. Математичні моделі, алгоритми і системи збору, обробки та інтерпретації медичної інформації 2005 року. : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.13.06 / В. О. Петрухін ; НАН України. Ін-т кібернетики ім. В.М.Глушкова. – К., 2005. – 36 с.

110. Использование микроЭВМ для сбора и обработки медицинских данных / В. А. Петрухин, И. А. Аверин, А. А. Попов и др. // III всесоюзн. конф. по биологической и медицинской кибернетике. – М. : Науч. совет АН СССР по проблеме «Кибернетика». – 1978. – С. 30–35.



111. Колинько Т. А. Измерения в цифровых системах связи : практическое руководство / Т. А. Колинько. – К. : ВЕК+, К. : НТИ, 2002. – 320 с.
112. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи : монографія / С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук, П. Ф. Колісник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с.
113. Філіппов М. М. Функціональна діагностика : навчальний посібник . [для студ. ф-ту. фіз. вих.] / М. М. Філіппов. – К. : НТУУ «КПІ», 2000. – 230 с.
114. Філіппов М. М. Психофізіологія людини : навчальний посібник / М. М. Філіппов. – К. : МАУП, 2003. – 136 с. – Бібліогр.: С. 130–133.
115. Небылицин В. Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий / В. Д. Небылицин. – М. : Наука, 1976. – 146 с.
116. Трамперт В. AVR-RISC Микроконтроллеры. Архитектура, аппаратные ресурсы, система команд, программирование, применение / В. Трамперт. – М. : МК-Пресс, 2006. – 451 с. – Режим доступа: <http://www.rlocman.ru/news/new.html?di=55565>. – Название с экрана.
117. Баранов В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В. Н. Баранов. – М. : МК-Пресс, 2006. – 380 с. – Режим доступа. : <http://www.rlocman.ru/book/book.html?di=281>. – Название с экрана.
118. Андрусевич А. Прецизионные усилители МАХІМ: аналоговые микросхемы / А. Андрусевич // Новости электроники. – 2008. – № 4. – С. 4.
119. Еремеев В. Маломощные операционные усилители [Электронный ресурс] / В. Еремеев // Новости электроники. – 2007. – № 9. – Режим доступа : <http://www.rlocman.ru/shem/schematics.htm?di=374>. – Название с экрана.
120. Староверов К. Операционные и инструментальные усилители из производственной линии BURR-BRUWN / К. Староверов // Новости электроники. – 2006. – № 3. – С. 8.
121. Еремеев В. Маломощные операционные усилители / В. Еремеев // Вопросы электроники. – 2006. – № 8. – С. 4.
122. Т. Дж. Шрайбер, Моделирование на GPSS / Т. Дж. Шрайбер. – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с.
123. Бахрушин В. Є. Аналіз даних : навч. посіб. / В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2006. – 170 с.

124. Боев В. Д. Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики : учеб. пособие / В. Д. Боев, Р. П. Сыпченко. – СПб. : Военная академия связи, 2009. – 432 с.

125. Томашевский В. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Томашевский, Е. Жданова. – М. : Бестселлер, 2003. – 416 с.

126. Актуальні проблеми психолого-психіатричної та психотерапевтичної допомоги постраждалим внаслідок техногенних аварій та катастроф / [С. І. Табачников, Є. Г. Гриневич, В. В. Домбровська та ін.] // Архів психіатрії. – 2002. – № 1. – С. 5–8.

127. Доручення Президента України від 24.09.2002 р. – № 480/29626–01.

128. Horowitz M. J. Stress-response syndromes: a review of posttraumatic and adjustment disorders / M. J. Horowitz // Hosp. Community Psychiatry. – 1986. – Vol. 37, № 3. – P. 241–249.

129. Weiss D. S. The Stress Response Rating Scale: a clinician's measure for rating the response to serious life-events / Weiss D. S., Horowitz M. J., Wilner N. // British Journal of Clinical Psychology. – 1984. – Vol. 23, № 3. – P. 202–215.

130. Розробка системи психіатричного, психологічного, психофізіологічного забезпечення, супроводу, відбору та експертизи професійної діяльності рятувальників аварійно-рятувальних служб й осіб, що залучені до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, техногенних аварій та катастроф: звіт про НДР (проміжний) / Український науководослідний інститут соціальної і судової психіатрії та наркології МОЗ України. – Номер держреєстрації 0102U000098. – К., 2006. – 209 с.

131. Гриневич Є. Г. Фактори ризику формування психічних та поведінкових розладів у гірничорятувальників, що зазнали впливу екстремальних подій / Є. Г. Гриневич // Таврический журнал психиатрии. – 2006. – Т. 3, № 3. – С. 16–21.

132. Гриневич Є. Г. Маркери сприйнятливості-резистентності до формування психічних та поведінкових розладів у гірничорятувальників, що зазнали впливу техногенних екстремальних подій / Є. Г. Гриневич // Журнал психиатрии и медицинской психологии. – 2006. – № 1. – С. 67–72.

133. Shalev A. Y. Stress versus traumatic stress: from acute homeostatic reactions to chronic psychopathology / A. Y. Shalev // Traumatic stress: the

effects of overwhelming experience on mind, body, and society / Eds. Van der Kolk, McFarlane, Weisaeth. – New York–London : Guilford Press, 1996. – P. 77–101.

134. Загальна психологія : навч. посіб. / [О. В. Скрипченко, Л. В. Долинська, З. В. Огороднійчук та ін.]. – К. : А.Г.Н, 2002. – С. 235.

135. Принятие решений на основе самоорганизации / А. Г. Ивахненко. – М. : Советское радио, 1976. – 280 с.

136. Биченков В. В. Методика розробки штабних моделей оцінки ефективності планування відбиття повітряного нападу противника / В. В. Биченков, О. С. Лиходеев // Системи озброєння і військова техніка. – 2009. – №1(17) – С. 8–10.

137. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация : пер. с англ. – М. : Вильямс, 2001.–Т.1 – 400 с.

138. Inmon W. Building the Data Warehouse / W. Inmon. – New York : John Wiley & Sons, 1992. – P. 160.

139. Фигурнов В. Э. IBM PC для пользователя. Краткий курс / В. Э. Фигурнов. – М. : ИНФРА-М, 1997. – 7-е. изд. – 432 с.

140. Холлендер М. Непараметрические методы статистики [Электронный ресурс] / М. Холлендер, Д. Вульф // Финансы и статистика. – 1983. – С. 260-264. – Режим доступа к журн.: [www.statsoft.ru](http://www.statsoft.ru). – Название с экрана.

141. Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов / Е. В. Гублер. – Л. : Медицина, 1978. – 296 с.

142. Биологически активные точки в задачах диагностики и коррекции психо-физиологического состояния и эффективности деятельности человека. – К. : МАУП, 1990. – 60 с.

143. Демин В. В. Тренажер психической саморегуляции с регистрацией эффективности ауто-суггестии по состоянию БАТ / В. В. Демин // Информативность биологически активных точек, приборные методы их определения и эффективность медицинских исследований. – Харьков, 1984. – С. 108–109.

144. Евдокимов В. Ф. Специализированное вычислительное устройство автоматической непрерывной оценки ПФС по уровню биопотенциалов БАТ / В. Ф. Евдокимов, Л. М. Карпухина // Психофизиологическое состояние человека и информативность биологически активных точек кожи: (тез. докл. всесоюзн. конф.). – К. – 1979. – С. 142–144.

145. Специализированное вычислительное устройство для автоматической непрерывной оценки ПФС по урону биопотенциалов БАТ / [Карпухина А. М., Евдокимов В. Ф., Малясов А. М.] // Психофизиологическое состояние человека и информативность биологически активных точек кожи. – К., 1979. – С. 142–144.

146. Козлов Е. И. Экспериментальный комплекс преобразования биопотенциалов активных точек кожи в цифровой код и записи его на перфоленту / Е. И. Козлов, В. И. Недашковская, Л. А. Пичугин // Психофизиологическое состояние человека и информативность биологически активных точек. – К., 1979. – С. 152–155.

147. Песелева Ф. М. Комплекс для исследования динамики проводимости и температуры БАТ кожи / Ф. М. Песелева // Психофизиологическое состояние человека и информативность биологически активных точек кожи. – К., 1976. – С. 160–162.

148. Годлевский В. С. Аналоговое устройство для фильтрации и нормирования сигналов БАТ / В. С. Годлевский // Психофизиологическое состояние человека и информативность биологически активных точек кожи. – К., 1976. – С. 143–153.

149. Карпухина А. М. Биоэнергетический подход к контролю и регуляции психофизиологического состояния человека / А. М. Карпухина // Психическая саморегуляция. – М., 1983. – Вып.3. – С. 307–310.

150. Карпухина А. М. Влияние лазерного излучения низкой интенсивности на эффективность деятельности человека и определяющие ее психофизиологические процессы / А. М. Карпухина // XXIII-я все-союзная научная сессия, посвященная Дню радио. – М. : НТОРЭ и С им. А. С. Попова, 1978. – С. 68–69.

151. Карпухина А. М. Использование низкоинтенсивного лазера в задачах коррекции состояния человека / А. М. Карпухина // Вопросы при профессиональном отборе на предприятии угольной промышленности. – М. : ЦНИИЭИуголь, 1989. – С. 116–122.

152. Карпухина А. М. Системное обоснование и использование БАТ для диагностики утомления и восстановления / А. М. Карпухина // Физиологические проблемы утомления и восстановления. – Киев-Черкассы, 1985. – С. 182–185.

153. Медична техніка: посібник / [Стеценко Г. С., Пенішкевич Я. І., Грищенко В. І. та ін.]. – Луцьк : Надстир'я, 2002. – 288 с.

*Наукове видання*

Злепко Сергій Макарович  
Мінцер Озар Петрович  
Сергєєва Вероніка Володимирівна  
Азархов Олександр Юрійович  
Костішин Сергій Володимирович

**СУЧАСНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ  
І ДІАГНОСТУВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено В. Сергєєвою

Підписано до друку 24. 12. 2010 р.

Формат 29,7.42. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. др. арк. 13,17.

Наклад 100 прим. Зам № 2011-001.

Вінницький національний технічний університет,

КІВЦ ВНТУ,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-85-32.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,

в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-81-59.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.