

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Система підтримки прийняття рішень для оцінювання стану системи дихання


Виконав: студент 2-го курсу, гр. БМІ–22м
спеціальності 163 Біомедична інженерія

 Переменко О.А.

Керівник: к. т. н., доц., каф. БМІОЕС


 Тимчик С.В.

Опонент: ст.викл. каф. ІРТС

 Пастушенко О.Л.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМІОЕС

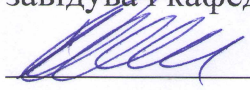
 к. т. н., доц. Коваль Л. Г.

«01» 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність 163 Біомедична інженерія
Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри БМІОЕС

 Л. Г. Коваль

« 18 » 09 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Переменку Олександрю Андрійовичу

1. Тема роботи: Система підтримки прийняття рішень для оцінювання стану системи дихання

Керівник роботи: Тимчик С.В., канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи «01» грудня 2023 року.

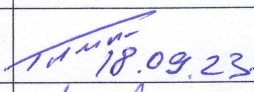
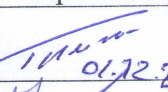
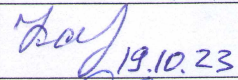
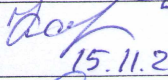
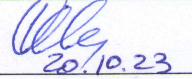
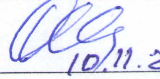
3. Вихідні дані до роботи :

Розробити систему підтримки прийняття рішень для оцінювання стану системи дихання.

4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз системи зовнішнього дихання людини. Фізіологічні показники системи дихання. Особливості побудови апаратури діагностування зовнішньої дихальної системи людини. Обґрунтування системи підтримки прийняття рішень.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу (презентація): Алгоритм оцінювання системи дихання. Комплексна методика оцінки зовнішнього дихання. Методи функціонального дослідження зовнішнього дихання. Підсилювач біопотенціалів. Схема електрична принципова.

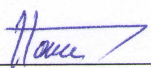
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Тимчик С.В. к. т. н., доц. каф. БМІОЕС	 18.09.23	 01.12.23
Економічна частина	Кавецький В. В. доцент. каф. ЕП та ВМ	 19.10.23	 15.11.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В. к. п. н., проф. каф. БЖДПБ	 20.10.23	 10.11.23

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Прим.
Розробка технічного завдання	до 20.10.2023	
Техніко-економічний аналіз завдання, економічного середовища, обґрунтування вихідних даних та оптимального варіанту розробки	25.10.2023	
Розв'язання основної задачі	01.11.2023	
Розробка заходів з охорони праці	10.11.2023	
Розрахунок техніко-економічних показників	20.11.2023	
Оформлення графічної частини та пояснювальної записки	25.11.2023	
Попередній захист	01.12.2023	

Студент  Перемєнко О.А.

Керівник роботи  Тимчик С.В.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД	- база даних
БЗ	- база знань
БО	- біооб'єкт
БМА	- біомедична апаратура
БТС	- біотехнічна система
ЕОМ	- електронно-обчислювальна машина
ЕФП	- електрофізіологічні показники
КДА	- контрольнo-діагностична апаратура
МАКС	- медичні апаратно-комп'ютерні системи
МІС	- медична інформаційна система
МКС	- мікрокомп'ютерні системи
МПС	- мікропроцесорна система
ППП	- пакет прикладних програм
САПР	- система автоматизованого проектування
СВІ	- системи відображення інформації
СКБД	- система керування базою даних
СППР	- система підтримки прийняття рішень
ШВЛ	- штучна вентиляція легень

АНОТАЦІЯ

УДК 621.374

Переменко О.А. Система підтримки прийняття рішень для оцінювання стану системи дихання: магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 163 Біомедична інженерія, освітньо-професійна програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії». Вінниця : ВНТУ, 2023. 95 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 30 найм.; 30 рис.; 10 табл.

Встановлено, що проведення різноманітних тестів та комплексних медичних вправ для оцінювання системи зовнішнього дихання людини вимагає багато часу та концентрації медичного фахівця на обробці великої кількості даних. Досліджено можливість оперативного оцінювання стану дихальної системи за допомогою спеціальних медичних приладів, включаючи апарати індивідуального користування.

На основі результатів аналізу та порівняння функціональних показників системи зовнішнього дихання запропоновано методику визначення основних мінімально-достатніх функціональних показників без проведення функціональних тестів з навантаженням, використовуючи конкретні прилади оцінки дихання людини, і розроблено систему підтримки прийняття рішень.

Матеріали дипломної роботи рекомендуються для подальшого вдосконалення теорії проектування та використання біотехнічної та медичної техніки.

Прогнозується розвиток функціонально-логічних автоматичних систем обробки інформації та оперативного контролю життєво важливих показників людини за допомогою приладів індивідуального користування, що сприятиме автоматизації прийняття рішень лікарем.

Проаналізовано можливість використання різноманітних тестів та медичних вправ для оцінювання стану системи зовнішнього дихання, виявлено недоліки у великій кількості зібраної інформації та затраті часу, особливо в умовах, коли обмежено контакт "пацієнт-лікар".

ABSTRACT

UDC 621.374

Peremenko O.A. A decision-making support system for assessing the state of the respiratory system: master's qualification work on the specialty 163 Biomedical Engineering, educational and professional program "Intelligent artificial implants and medical devices in bioengineering". Vinnytsia: VNTU, 2023. 95 p.

Ukraine language Bibliography: 30 names; 30 Fig.; 10 tables

It has been established that conducting various tests and complex medical exercises to evaluate the external respiratory system of a person requires a lot of time and concentration of a medical specialist to process a large amount of data. The possibility of operative assessment of the state of the respiratory system with the help of special medical devices, including devices for individual use, was investigated.

Based on the results of the analysis and comparison of the functional indicators of the external breathing system, a methodology for determining the basic minimum-sufficient functional indicators without carrying out functional stress tests, using specific devices for assessing human breathing, is proposed, and a decision-making support system is developed.

The thesis materials are recommended for further improvement of the design theory and use of biotechnical and medical equipment.

The development of functional and logical automatic information processing systems and operational control of vital indicators of a person with the help of devices for individual use is predicted, which will contribute to the automation of decision-making by the doctor.

The possibility of using various tests and medical exercises to assess the state of the external respiratory system has been analyzed, shortcomings in the large amount of collected information and time consumption have been identified, especially in conditions where the "patient-doctor" contact is limited.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМ ДИХАННЯ ЛЮДИНИ	6
1.1 Особливості структури дихальної системи людини.....	6
1.2. Характеристика основних етапів дихання людини.	9
2 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ	17
2.1. Основні параметри та характеристики дихальної системи людини.....	17
2.1.1. Показники об'єму зовнішнього дихання. Обсяги легенів	17
2.2. Методи та способи дослідження функцій системи зовнішнього дихання	25
2.2.1 методи функціонального дослідження зовнішнього дихання	26
2.2.2 методи та прилади для діагностичних досліджень зовнішнього дихання	26
3 ВИБІР СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	37
3.1. Аналітичний огляд методів та інструментів для дослідження системи дихання.	37
3.2. Вибір методик для оцінювання системи дихання.....	42
3.3. Система підтримки прийняття рішень для оцінювання системи зовнішнього дихання.....	48
3.3.1. Загальні риси та структура експертних систем.....	48
3.3.2. Засоби обробки інформації.	51
3.3.3. Пошукові алгоритми в дереві станів.....	52
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	65
4.1 Оцінювання наукового ефекту	65
4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	69
4.2.1 Витрати на оплату праці	69
4.2.2 Відрахування на соціальні заходи	72
4.2.3 Сировина та матеріали	72
4.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі.....	73
4.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт.....	73
4.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт	74
4.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень.....	74
4.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей	76

4.2.9 Службові відрядження	76
4.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації	77
4.2.11 Інші витрати.....	77
4.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати	78
4.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи	79
4.4 Висновок до розділу.....	80
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	81
5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи	82
5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця	82
5.2 Електробезпека приміщення.....	83
5.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	85
5.3.1 Мікроклімат	85
5.3.2 Склад повітря робочої зони	85
5.3.3 Виробниче освітлення	85
5.4 Виробничий шум.....	88
5.5 Виробничі випромінювання	88
5.6. Психофізіологічні фактори	88
5.7 Безпека в надзвичайних ситуаціях	90
5.7.1. Захист населення та персоналу в умовах радіаційного забруднення	90
5.8. Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту залу першого поверху ...	91
ВИСНОВКИ	96
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

ВСТУП

Актуальність. Здоров'я населення є ключовим фактором для сучасності і майбутнього країни, прямо пов'язаним із працездатністю та самопочуттям людини. Лише 1-2% дорослого населення має високі показники здоров'я та фізичної підготовки, тоді як у 20% вони є задовільними. Близько 50% населення перебуває в стані ослаблення, між здоров'ям і хворобою, що вимагає різних форм реабілітації, а серед них до 15% становлять люди з обмеженими можливостями.

Молодь працездатного віку (18-29 років) визначає величезну та перспективну частину суспільства, особливо в період демографічного спаду. Останні статистичні дані свідчать про депопуляцію та погіршення здоров'я населення, зокрема серед молоді. Часті захворювання дихальної системи вказують на необхідність детального вивчення механізмів їх формування.

Рівень соматичного здоров'я визначає енергетичний потенціал та розвиток загальної витривалості. Здатність організму доставляти та використовувати кисень для енергопродукції є ключовою для фізичної роботи. Здоров'я формується під впливом генетичних факторів, способу життя та екзогенних факторів ризику.

За статистикою, частина випускників вузів непридатна для роботи в екстремальних умовах через низький рівень фізичної підготовки. У молоді також високий відсоток курців та споживачів алкоголю.

В умовах обмежених адаптаційних резервів будь-яке збільшення навантаження, як розумового, так і фізичного, може вважатися стресовим впливом. Незважаючи на деяке зниження резервних можливостей дихальної системи, регуляторні системи організму демонструють високі функціональні можливості, забезпечуючи успішну реалізацію функціональних можливостей під час напруженої діяльності.

Існує широка різноманітність методів та засобів оцінювання дихальної системи, яка базується на застосуванні високотехнологічного апаратного забезпечення. Однак умови обмеженої свободи руху людини, а також умови

самоізоляції, вимагають розробки та обґрунтування найбільш раціональних методів для оперативної оцінки дихальної системи без значних витрат.

Об'єкт дослідження – Система, для оцінювання зовнішнього дихання людини.

Предмет дослідження – Методи та засоби для зовнішнього діагностування дихання людини .

Мета магістерської кваліфікаційної роботи – полягає в розробці та обґрунтуванні ефективних методів оцінки функціонального стану зовнішнього дихання, а також в обґрунтуванні системи підтримки прийняття рішень для лікарів у цьому процесі.

Новизна магістерської кваліфікаційної роботи полягає в удосконаленні автоматизації процесу прийняття рішень лікарем що дозволить швидко аналізувати та інтерпретувати отримані дані, надаючи лікареві цінну інформацію для прийняття оптимальних рішень у лікувальному процесі. Такий підхід може покращити ефективність лікування, забезпечуючи вчасну реакцію на зміни в стані пацієнта.

Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи – розвиток та впровадження подібних систем може сприяти підвищенню якості медичного обслуговування, забезпечуючи швидкий та точний моніторинг стану пацієнтів та підтримуючи лікарів у прийнятті інформованих рішень.

1 АНАЛІЗ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМ ДИХАННЯ ЛЮДИНИ

1.1. Особливості структури дихальної системи людини.

Дихальна система представляє собою відкриту систему організму, відповідальну за забезпечення газообміну, формування гомеостазу в трахеобронхіальних шляхах, очищення вдиханого повітря від чужорідних часток і мікроорганізмів, а також аналіз пахучих речовин в атмосферному середовищі [1]. Для збереження нормальної функціональної активності дихальної системи важливо дотримуватися оптимальних умов життя, таких як правильна організація побуту, загартовування, раціональний режим праці і відпочинку, а також збалансоване харчування. Фізична праця, заняття фізкультурою і спортом сприяють підтримці здоров'я дихальної системи. Навички правильного дихання можна розвивати за допомогою комплексів фізичних вправ, спрямованих на зміцнення дихальних м'язів (див. рисунок 1.1).

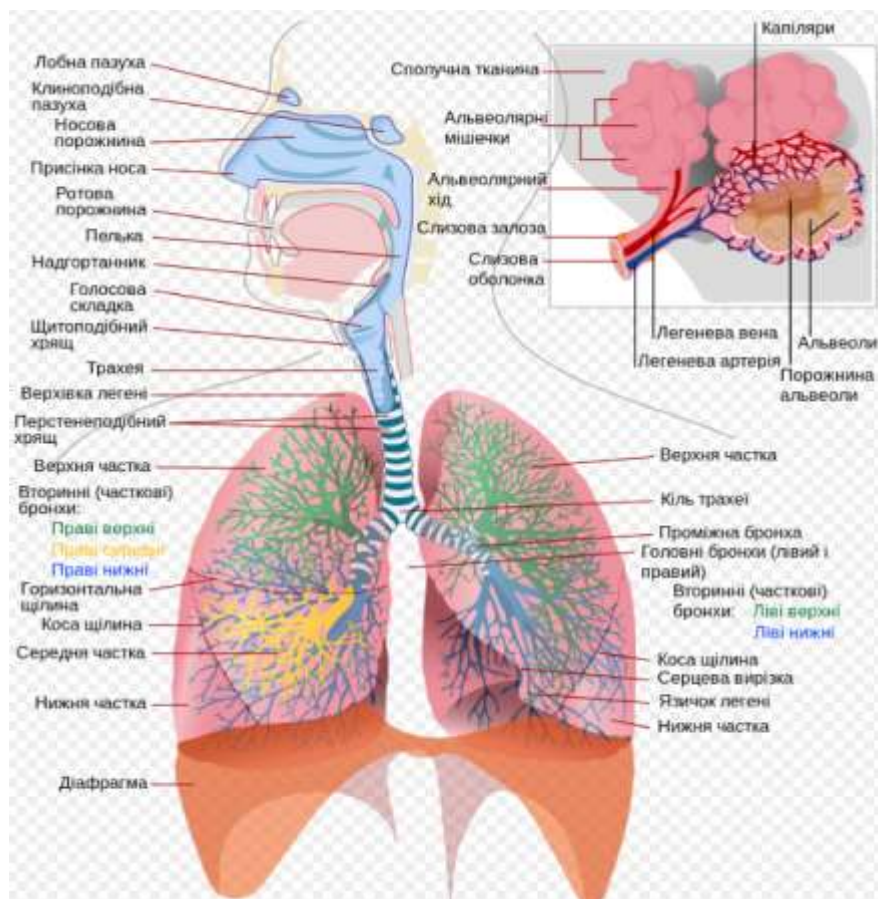


Рисунок 1.1 - Функціональна схема дихальної системи людини

Весь складний процес дихання можна розглядати як тривалий ряд етапів: зовнішнє дихання, транспорт газів кров'ю і внутрішнє (тканинне) дихання.

Зовнішнє дихання представляє собою процес газообміну між організмом і оточуючим його атмосферним повітрям. Це включає обмін газів між атмосферним і альвеолярним повітрям, а також газообмін між кров'ю легеневих капілярів і альвеолярним повітрям.

Зовнішнє дихання реалізується через періодичні зміни обсягу грудної порожнини. Збільшення обсягу призводить до вдиху (інспірації), а зменшення — до видиху (експірації).

Фази вдиху і наступного видиху утворюють дихальний цикл. Під час вдиху атмосферне повітря через повітроносні шляхи потрапляє в легені, а при видиху частина повітря покидає їх.

Умови, необхідні для проведення зовнішнього дихання, включають:

1. Герметичність грудної клітини.
2. Вільне поєднання легенів з навколишнім зовнішнім середовищем.
3. Еластичність легеневої тканини.

Швидка і точна діагностика є надзвичайно важливою для сучасної медицини і є економічною категорією. Застосування високоефективних методів неінвазивної діагностики, в тому числі на підготовчому етапі до госпіталізації, дозволяє скоротити перебування пацієнта в лікарні і швидше повернути його до активного трудового життя.

Особливості побудови системи дихання людини включають повітроносні шляхи і респіраторний відділ. Респіраторний відділ включає альвеолярні ходи і альвеоли, які утворюють ацинуси, де відбувається газообмін. Повітроносні шляхи охоплюють порожнину носа, глотку, гортань, трахею, бронхи різного калібру, включаючи бронхіоли. Тут повітря зігрівається (охолоджується), очищається від різноманітних частинок і зволожується. Крім того, цей відділ виконує різноманітні функції, такі як голосоутворення, нюх, імунний захист, депонування крові, регулювання згортання крові, водно-сольовий баланс і ендокринну функцію.

Стінка повітряноносних шляхів складається з чотирьох оболонок:

1. Слизова, яка вкриває внутрішню поверхню повітряноносних шляхів і має епітелій та власну пластинку слизової оболонки.
2. Підслизова, представлена пухкою волокнистою сполучною тканиною з численними кровоносними судинами.
3. Фіброзно-хрящова, яка утворена хрящовою тканиною (гіаліновим чи еластичним хрящем) і створює жорсткий каркас для підтримки відкритого просвіту повітряноносних шляхів.
4. Серозна, що вкриває зовнішню поверхню стінки повітряноносних шляхів і виробляє серозну рідину для зменшення тертя при рухах.

Ці компоненти разом забезпечують оптимальну функціональність системи дихання.

- Адвентиційна оболонка складається з пухкої волокнистої сполучної тканини.

Система органів дихання людини включає в себе легені і повітряноносні шляхи (носова порожнина, носоглотка, гортань, трахея, бронхи). Легені розташовані в грудній порожнині і виконують ключову роль у процесі обміну кисню і вуглекислого газу між кров'ю та атмосферним повітрям (див. рис. 1.2).

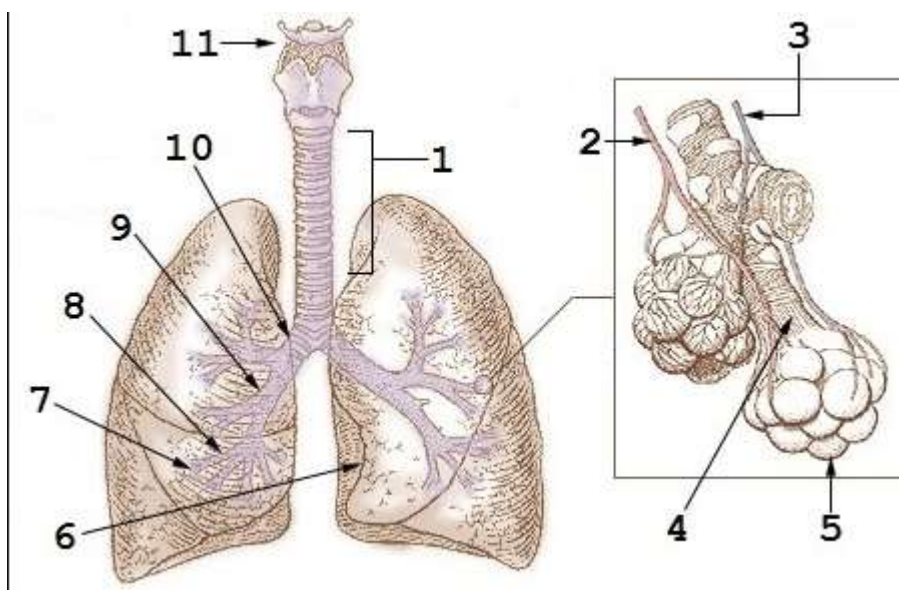


Рисунок 1.2 - Схематичне зображення легень:

- 1- трахея, 2- легенева артерія, 3- легенева вена, 4- альвеолярний хід, 5- альвеоли, 6- вирізка лівої легені, 7- бронхіоли, 8- третинні бронхи
9- вторинні бронхи, 10- головні бронхи, 11- гортань

Початок повітроносних шляхів відбувається в носовій порожнині, яка розділена кістково-хрящовою перегородкою на ліву і праву частини. Стінки носової порожнини вистелені слизовою оболонкою, що має війки і пронизана кровоносними судинами, сальними і потовими залозами. Після носової порожнини повітря послідовно проходить через носоглотку і гортань. При ковтанні вхід до гортані закривається хрящовим надгортанником.

У гортані розташовані голосові зв'язки, а між ними розташована голосова щілина. Нижній відділ гортані переходить у трахею, передня стінка якої утворена хрящовими півкільцями, а задня складається з гладеньких м'язів і прилягає до стравоходу. Трахея поділяється на два бронхи, які входять у ліву і праву легені. Бронхи поділяються на дві повітроносні трубочки, діаметр яких поступово зменшується, і закінчуються гронами легеневих пухирців.

1.2. Характеристика основних етапів дихання людини.

Основні етапи дихання у людини включають вентиляцію легень, газообмін у легенях, транспортування газів, газообмін у тканинах і тканинне дихання [2].

Вентиляція легень: Цей етап представляє собою обмін повітря між зовнішнім середовищем і альвеолами легень. Він досягається ритмічними дихальними рухами – вдихом і видихом.

Дихальний апарат людини включає:

- Грудну клітку з зовнішніми і внутрішніми міжреберними м'язами, які приводять її в рух;
- Діафрагму;
- Легені;
- Допоміжні інспіраторні (вдихаючі) м'язи, такі як великі й малі грудні, трапецієвидний, ромбовидний та ін.;
- Допоміжні експіраторні (видихаючі) м'язи, зокрема черевні.

Вдих: Це активний процес, що забезпечує збільшення об'єму грудної клітки. Під час спокійного вдиху міжреберні зовнішні м'язи скорочуються, діафрагма стає плоскішою та опускається донизу. Це призводить до збільшення об'єму грудної порожнини, зниження тиску у легенях і входження повітря в легені.

Видих: Це пасивний процес, який призводить до зменшення об'єму грудної клітки. Під час спокійного видиху міжреберні зовнішні м'язи розслаблюються, а діафрагма розслаблюється і стає випуклою. Це зменшує об'єм грудної порожнини, підвищує тиск у легенях і забезпечує виходження повітря з легень.

Ці процеси контролюються різними м'язовими групами, забезпечуючи ефективну вентиляцію легень та забезпечення необхідного обміну газів.

Дихальні рухи регулюються дихальним центром, розташованим у довгастому мозку. Цей центр включає в себе центри вдиху та видиху, які забезпечують ритмічну зміну дихальних рухів. Частота дихальних рухів також залежить від рівня вуглекислого газу в крові.

Розрізняють два типи дихання: черевний і грудний, залежно від того, які м'язи переважають в акті видиху (діафрагма або міжреберні). Черевний тип дихання вважається більш ефективним, оскільки він забезпечує глибшу вентиляцію легень. Тип дихання може змінюватися залежно від статі (чоловіки мають тенденцію до черевного типу), професії та віку.

Кількісним показником вентиляції легень є хвилинний об'єм дихання (ХОД), який визначається як добуток дихального об'єму і частоти дихальних рухів. У спокої ХОД для дорослої людини становить близько 7 л/хв.

Не весь об'єм повітря, який вдихається, бере участь у вентиляції легень, оскільки частина його залишається в дихальних шляхах, впливаючи на склад вдихуваного і видихуваного повітря (об'єм мертвого простору).

Організація процесу дихання: При окисних процесах в організмі утворюється вуглекислий газ, який необхідно вивести. Органи дихання виконують цю функцію, забезпечуючи видалення вуглекислого газу та надходження кисню.

Дихання також важливе для теплорегуляції. Легені, підігріваючи вдихуване повітря, втрачають теплову енергію. Велика кількість енергії витрачається при випаровуванні води з поверхні легень. Крім того, легені виділяють різні речовини, такі як вуглекислий газ, аміак та інші.

Один цикл чергування вдиху і видиху складає дихальний цикл (див. рис. 1.3).

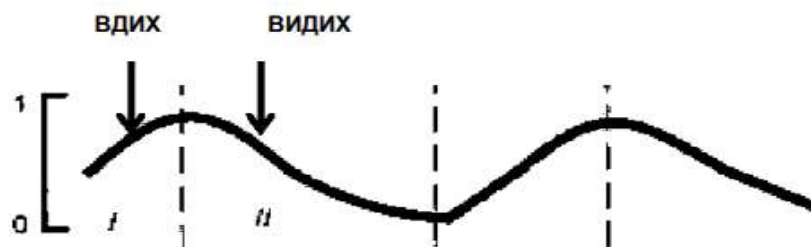


Рисунок 1.3 – Основні фази дихального циклу (спірограма)

Патерн дихання визначає співвідношення між різними компонентами дихального циклу, такими як тривалість фаз, глибина дихання, динаміка тиску і потоків у повітроносних шляхах. Організм вибирає такий патерн дихання, при якому досягається необхідний рівень альвеолярної вентиляції з найменшою витратою енергії на роботу дихальних м'язів.

У нормальних умовах дихання характеризується рівномірними дихальними циклами "вдих-видих" у співвідношенні 1:1,3 з частотою дихальних рухів в діапазоні від 12 до 16 за хвилину. Цей тип дихання відомий як ейпное.

Патерн дихання може змінюватися в залежності від стану людини та його потреб (наприклад, під час розмови чи прийому їжі). Періодично може виникати апное - затримка дихання при вдиху і видиху. Гіперпное - збільшення частоти і глибини дихання при фізичному навантаженні за рахунок підвищеної потреби в кисні.

При порушенні структур мозку, пов'язаних із процесом дихання, патерн дихання може істотно змінюватися. Ритмічність дихальних циклів може бути порушена, і низькоамплітудні дихальні рухи можуть періодично змінюватися рухами великої амплітуди, так званими вставними вдихами, за якими слідує подовжена пауза. Такі високоамплітудні вдихи сприяють вентиляції альвеол застійних ділянок легень.

Всі форми порушення нормального дихання піддаються класифікації під терміном "диспное". Розрізняють кілька типів патологічного дихання (див. рис. 1.4) [4].

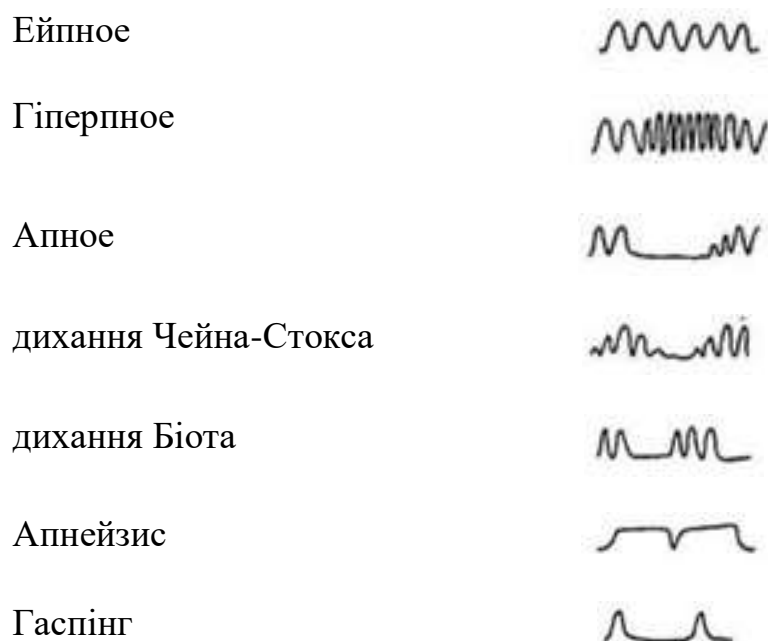


Рисунок 1.4 - Різноманітні форми дихання в нормі (1-3) та при патології (4-7) (за В.Єфімовим та В.Сафоновим)

Усі типи патернів дихання, включаючи патологічні, виникають при зміні активності дихальних нейронів у довгастому мозку та варолієвому мості. Одночасно можуть розвиватися вторинні зміни у дихальній функції, пов'язані з різною патологією або впливом на організм екстремальних факторів зовнішнього середовища.

Залежно від того, яким чином розширюється грудна клітка під час нормального дихання (основним чином за рахунок підняття ребер чи сплюснення діафрагми), розрізняють грудний (реберний) і черевний (діафрагмальний) типи дихання.

При грудному типі дихання, в основному, відбувається за рахунок роботи міжреберних м'язів, а діафрагма рухається пасивно відповідно до зміни внутрішньогрудного тиску.

При черевному типі дихання, внаслідок потужного скорочення діафрагми, не тільки знижується внутрішньоплевральний тиск, але й одночасно збільшується внутрішньочеревний тиск. Цей тип дихання є більш ефективним, оскільки при ньому легені отримують сильніший потік повітря, і полегшується венозне

повернення крові від органів черевної порожнини до серця. Черевне дихання вважається більш фізіологічним.

1.3. Основні закономірності функціонування дихальної системи людини.

Для забезпечення оптимального рівня окислювально-відновлювальних процесів у організмі використовується система дихання. Основна мета дихання - постійне оновлення газового складу крові та біологічне окислення в тканинах [4].

Дихання - це складний процес, в результаті якого організм споживає кисень і виділяє вуглекислий газ. Виділяють зовнішнє та внутрішнє (тканинне) дихання. Зовнішнє дихання - це обмін повітря між зовнішнім середовищем та легеневидами альвеолами. Внутрішнє дихання - це споживання клітинами кисню і виділення вуглекислого газу.

Потреба організму у збільшеній кількості кисню під час праці та виведення зайвої вуглекислоти вирішується завдяки пристосуванню дихальної системи до роботи. Збільшення газообміну досягається за рахунок таких параметрів, як частота і глибина дихальних рухів, легенева вентиляція та коефіцієнт використання кисню.

Легенева вентиляція визначається кількістю повітря, яке проходить через легені за одиницю часу. Дихальний об'єм у стані спокою становить 300...500 мл, а частота дихань - 12...18 за хвилину. Легенева вентиляція дорівнює 5-8 л повітря. Під час роботи збільшується хвилинний об'єм дихання за рахунок зростання частоти дихань і об'єму вдиху, включаючи резервний об'єм вдиху - максимальну кількість повітря, що може бути вдихнута після спокійного вдиху (1500...2000 мл).

Збільшення дихального об'єму залежить від життєвої ємності легень, яка характеризує максимальну кількість повітря, що може бути видихнута після максимального вдиху. У молодих чоловіків ця ємність становить 3,5...4,8 л, у жінок - 3...3,5 л, а у тренуваних людей - 5...7 л. Під час м'язової діяльності глибина дихання зазвичай не перевищує 30 - 40 % життєвої ємності легень.

При великих м'язових навантаженнях частота дихань може сягати 50 і більше за хвилину, а об'єм одного вдиху - 2...2,5 л. Таким чином, хвилинний об'єм дихання збільшується до 120 - 160 л. Проте в більшості людей легенева

вентиляція під час м'язової роботи не перевищує 100 л/хв. Дослідження фізіологів підтверджують тісний зв'язок між середньою глибиною дихання та рівнем енергетичних витрат, що дозволяє обчислити витрати енергії за хвилину на основі частоти дихань працівника [4].

$$E = 0.198 \text{ } ng - 3.06 ,$$

де ng - частота вдихань за одну хвилину.

Під час інтенсивної м'язової роботи коефіцієнт використання кисню збільшується до 4 - 8%, порівняно з 3 - 4% у стані спокою. Цей ефект не спостерігається під час локальних робіт. Рівень споживання кисню може зростати від 1 до 3 літрів на хвилину, в порівнянні з 150 - 300 мл на хвилину у стані спокою, в залежності від важкості роботи.

Також можливі зміни у ритмі дихання під час праці. Наприклад, при виконанні максимальних короткочасних зусиль може відбуватися задихання через затримку дихання. Це спостерігається рідше при виконанні легких робіт, за винятком випадків, коли робота вимагає особливої точності, складності і концентрації уваги. Схожі явища можуть виникати при виконанні розумової роботи, що потребує інтенсивної уваги.

Якщо робота надто важка для людини, може виникнути розлад у диханні, який відчувається як задишка та порушення ритмів дихальних рухів. Ці явища зазвичай спостерігаються у людей з низьким рівнем працездатності, що підкреслює важливість професійного відбору працівників для таких робіт з урахуванням їхньої м'язової сили та витривалості.

Залежно від об'єму легеневої вентиляції та споживання кисню за одну хвилину виділяють шість груп робіт за рівнем важкості (див. табл. 1.1). Слід зауважити, що роботи однієї групи важкості можуть впливати на організм різних працівників по-різному, що пояснюється індивідуальними значеннями максимального споживання кисню (МСК).

Такі індивідуальні різниці у впливі робіт на організм обумовлені різною фізичною підготовкою та загальним станом здоров'я працівників. Індивідуальні показники максимального споживання кисню важливі для належного оцінювання працездатності та підбору робіт.

Таблиця 1.1 - Важкість легеневої вентиляції за показником виконаних робіт

<i>Рівень важкості роботи</i>	<i>Легенева вентиляція, л/хв</i>	<i>Споживання кисню, л/хв</i>	<i>Затрати енергії, ккал/хв</i>
Легка	10...20	0,5...1,0	2,5...5
Середня	20...35	1,0...1,5	5...7,5
Важка	35...50	1,5...2,0	7,5...10
Дуже важка	50...65	2,0...2,5	10...12,5
Надзвичайно важка	65...85	2,5...3,0	12,5...15,0
Виснажлива	≥ 85	≥ 3,0	≥ 15,0

Оскільки можливості дихальної системи не є необмеженими, для кожної людини існує індивідуальна межа, понад яку споживання кисню неможливе. Максимальна кількість кисню, яку організм може споживати за одну хвилину під час максимально важкої роботи, називається максимальним споживанням кисню (МСК). Розмір МСК є показником аеробної продуктивності організму і визначає його здатність використовувати енергію для м'язової роботи за рахунок аеробних процесів. Рівень МСК залежить від фізичного розвитку, віку, статі працівника і зазвичай становить 2...4 л/хв, а у спортсменів цей показник може досягати 7 л/хв.

Роботи з витратами енергії на рівні МСК можуть бути виконані лише протягом короткого періоду, декілька хвилин. Тривала робота протягом робочої зміни може виконуватися з витратами на рівні 25 - 30% МСК. Таким чином, для працівника з МСК 2,5 л/хв, робота, яка вимагає 1 л кисню в хвилину, буде так само важкою, як робота з витратами 1,6 л кисню в хвилину для працівника з МСК 4 л/хв. Це вказує на те, що одні й ті ж роботи можуть бути важкими для деяких працівників і виснажливими для інших.

Для виконання будь-якої роботи необхідна певна кількість кисню, відома як кисневий запит. Виділяють сумарний і хвилинний кисневий запит. Сумарний кисневий запит представляє собою кількість кисню, яка необхідна для виконання всієї роботи, тоді як хвилинний кисневий запит - це кількість кисню, необхідна для виконання цієї роботи протягом однієї хвилини.

У деяких випадках фактичне споживання кисню може відрізнитися від потреби організму, що означає, що організм працює в анаеробних умовах. Робота буде тривати доти, поки не виснажаться енергетичні ресурси. При цьому накопичення молочної кислоти може значно перевищувати норму, а ресинтез АТФ буде обмежений. Щоб ліквідувати молочну кислоту, потрібен кисень, і кількість кисню, необхідна для окислення продуктів обміну, утворених під час роботи, називається кисневим боргом.

Кисневий борг представляє собою різницю між сумарним кисневим запитом і кількістю кисню, фактично споживається під час роботи. Максимально можливий кисневий борг характеризує анаеробну продуктивність організму і зазвичай становить 4...10 л для більшості працівників і 15...22 л для спортсменів.

Ліквідація кисневого боргу відбувається після закінчення роботи, особливо під час надзвичайно важких робіт, тривалість яких є незначною.

Для більшості робіт характерне пропорційне збільшення газообміну щодо механічної роботи. Певне нагромадження продуктів розпаду на початку роботи може бути окислено протягом роботи. Роботу, при якій потреба в кисні повністю задовольняється, називають роботою в стійкому стані. Це означає, що її можна виконувати без відпочинку протягом однієї-двох годин. Якщо споживання кисню досягло певного сталого рівня, яке не забезпечує потреби організму і в ньому нагромаджуються продукти розпаду, то необхідно знизити темп роботи або організувати перерву для відпочинку.

2 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

2.1. Основні параметри та характеристики дихальної системи людини.

2.1.1. Показники об'єму зовнішнього дихання. Обсяги легенів.

Графічне відображення взаємозв'язку об'ємів легеневих просторів і ємностей представлено на рисунку 2.1 [6].

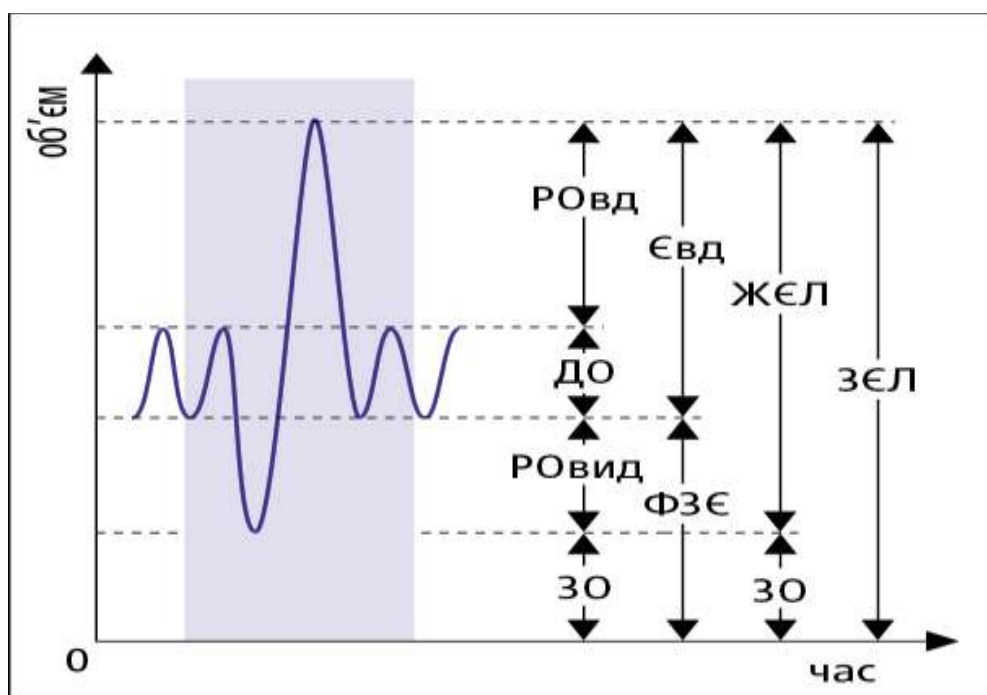


Рисунок. 2.1 - Середні значення обсягів та ємностей легень

Визначення життєвої ємності легень та її складових (див. рис. 2.1): спочатку пацієнт проводить спокійне дихання, а потім виконує повільний, найглибший вдих та максимальний видих (або навпаки), під час чого параметри фіксуються за допомогою інструментів.

Дихальний об'єм (ДО [TV]) - це об'єм повітря, який вдихається і видихається під час спокійного дихання і що надходить в легені та видаляється з них за один дихальний цикл. Цей показник також відомий як глибина дихання. У стані спокою у дорослої людини ДО складає 300-800 мл (15-20% від величини ЖЕЛ).

Якщо глибина дихання перевищує норму, таке дихання вважається гіперпноєм - надто глибоким інтенсивним. З іншого боку, якщо ДО менше норми,

це вважається олігопноєм - недостатнім і поверхневим диханням. При нормальній глибині і частоті дихання його називають ейпноєм - нормальним і задовільним диханням. Нормальна частота дихання у спокої у дорослих становить 8-20 дихальних циклів в хвилину.

Резервний об'єм вдиху (РОВд [IRV]) - це об'єм повітря, який людина може додатково вдихнути після спокійного вдиху; його норма становить 50-60% від величини ЖЕЛ - 2-3 л.

Резервний об'єм видиху (РОВид [ERV]) - це об'єм повітря, який людина може додатково видихнути після спокійного видиху; норма РОВид складає 20-35% від ЖЕЛ (1-1,5 л).

Ємність вдиху (Євд [IC]) — сума ДО і РОВд; Життєва ємність легень (ЖЄЛ [VC]) - це об'єм повітря, який людина може видихнути при максимально глибокому повільному видиху після максимального вдиху - є сумою ДО, РОВид і РОВд. Величина життєвої ємності легень у людини складає 3-6 л.

Остаточний обсяг легень (ООЛ) - це повітря, що залишається в дихальних шляхах і легенях після максимального глибокого видиху; його величина становить 1-1,5 л (20-30% від ОЕЛ). У літньому віці цей обсяг може збільшуватися через зменшення еластичної тяги легень, прохідності бронхів, зниження сили дихальних м'язів і рухливості грудної клітки, досягаючи близько 45% від ОЕЛ у віці 60 років.

Індивідуальну нормальну величину ЖЄЛ називають належною життєвою ємністю легень (НЖЕЛ). Її розраховують в літрах за допомогою формул і таблиць, враховуючи зростання, масу тіла, вік і стать. Для жінок 18-25 років можна використовувати формулу:

$$\text{НЖЕЛ} = 3,8 * P + 0,029 * B - 3,190;$$

для чоловіків того ж віку остаточний обсяг

$$\text{НЖЕЛ} = 5,8 * P + 0,085 * B - 6,908,$$

де P - зростання; B - вік (роки).

Величину життєвої ємності легень вважають зниженою, якщо це зниження становить понад 20% від рівня дорослої життєвої ємності легень (ДЖЕЛ). Якщо

використовується термін "ємність" для показника зовнішнього дихання, це означає, що ця ємність складається з більш дрібних компонентів, відомих як обсяги. Наприклад, обсяг зовнішнього експіраційного легеневого повітря (ОЕЛ) складається з чотирьох обсягів, а життєва ємність легень (ЖЕЛ) - з трьох обсягів.

Хвилиний обсяг дихання (ХОД) - це обсяг повітря, який пройшов через легені і дихальні шляхи за одну хвилину. Для визначення ХОД досить знати глибину дихання (дихальний об'єм, ДО) і частоту дихання (ЧД):

$$\text{ХОД} = \text{ДО} * \text{ЧД}.$$

У кімнаті обсяг обміну повітря (МОД) становить 4-6 літрів на хвилину. Цей показник також часто називають вентиляцією легенів, розрізняючи його від альвеолярної вентиляції.

Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ [FRC]) - це об'єм повітря, який залишається в легенях після спокійного видиху при нормальному диханні. Ця ємність включає залишковий об'єм легень (ЗОЛ) і резервний об'єм видиху (РОВид). Не весь об'єм атмосферного повітря, що потрапляє в дихальну систему при вдиху, бере участь у газообміні; лише та частина, яка доходить до альвеол, де є достатній кровотік в сусідніх капілярах. У зв'язку з цим виникає поняття "мертвого простору" (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1- Характеристика анатомічного та фізіологічного мертвого просторів

<i>Анатомічний мертвий простір</i>	Трахея, бронхи, бронхіоли (до 16 генерації)	Близько 30 % від дихального об'єму
<i>Фізіологічний мертвий простір</i>	Трахея, бронхи, бронхіоли (до 16 генерації), альвеоли (невентильовані або неперфузовані)	Більше 30 % від дихального об'єму

Анатомічний мертвий простір (АМП) представляє собою об'єм повітря, що розташовується в дихальних шляхах до рівня респіраторних бронхіол (на цих бронхіолах вже є альвеоли і можливий газообмін). Величина АМП коливається в межах 140-260 мл і залежить від конституційних особливостей людини (при вирішенні задач, де потрібно враховувати АМП, якщо його величина не вказана, його зазвичай приймають рівним 150 мл).

Фізіологічний мертвий простір (ФМП) - це об'єм повітря, що потрапляє в дихальні шляхи і легені, але не бере участі в газообміні. ФМП більший за анатомічний мертвий простір, оскільки включає його як один із компонентів. Крім того, до складу ФМП входить повітря, яке потрапляє в альвеоли легень, але не обмінюється газами з кров'ю через відсутність або зниження кровотоку в цих альвеолах (іноді це повітря називають альвеолярним мертвим простором). Нормально величина функціонального мертвого простору становить 20-35% від обсягу дихального обсягу. Зростання цього показника понад 35% може вказувати на наявність певних захворювань.

У медичній практиці важливо враховувати фактор мертвого простору при розробці дихальних пристроїв (наприклад, для висотних польотів, підводного плавання, використання протигазів), а також при проведенні різних діагностичних і реанімаційних заходів. При диханні через трубки, маски, шланги до дихальної системи людини додається додатковий мертвий простір, і, незважаючи на збільшення глибини дихання, вентиляція альвеол може бути недостатньою.

Залишковий об'єм (ЗО [RV]) - це об'єм повітря, який залишається в легенях після максимального видиху.

Загальна ємність легень (ЗЄЛ [TLC]) - це об'єм повітря, що знаходиться в легенях після максимально глибокого вдиху. Вона є сумою життєвої ємності легень (ЖЄЛ) і залишкового об'єму (ЗО). Величина ЗЄЛ становить від 4 до 9 літрів.

Дослідження форсованого видиху включає в себе максимально глибокий вдих, за яким слідує якнайдовший (не менше 6 секунд) швидкий форсований видих. Результати записуються у вигляді кривих залежності об'єму від часу (крива "об'єм-час") і потоку від об'єму (крива "потік-об'єм").

а) Об'єм форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1 [FEV1]) - це об'єм повітря, який виходить з легень протягом першої секунди форсованого видиху, який виконується після максимального вдиху.

б) Форсована життєва ємність легенів (ФЖЄЛ [FVC]) - це об'єм повітря, який виходить з легень під час форсованого видиху, який виконується після максимального вдиху. При його визначенні пацієнт повинен виконати

максимально глибокий форсований видих після максимального вдиху. Комп'ютерний аналіз такого форсованого видиху дозволяє отримати різноманітні показники зовнішнього дихання.

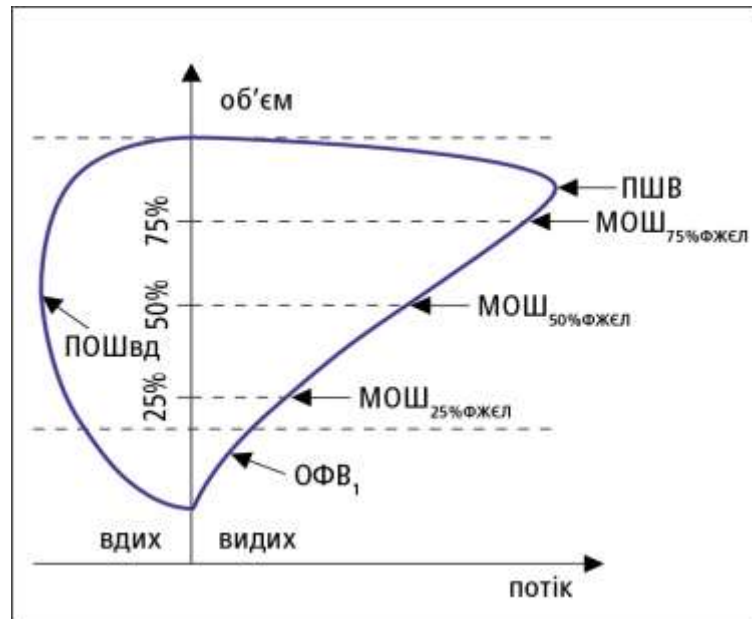


Рисунок 2.2 - Крива " об'єм-потік"

Пікова швидкість видиху (ПШВ [PEF]) і максимальні об'ємні швидкості видиху визначаються на кривій потік-об'єм у точках, що відповідають вершині кривої форсованого видиху, 75%, 50% і 25% ФЖЄЛ (відсоток ФЖЄЛ, який залишається в легенях на момент вимірювання - МОШ75 [MEF75], МОШ50 [MEF50] і МОШ25 [MEF25]; в американській термінології прийняті скорочення FEF25, FEF50 і FEF75, де цифри вказують відсоток ФЖЄЛ, який залишив легені).

Індекс Тіффно - це відношення об'єму форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1) до життєвої ємності легень (ЖЄЛ) (ОФВ1/ЖЄЛ) або відношення ОФВ1 до форсованої життєвої ємності легень (ФЖЄЛ) (ОФВ1/ФЖЄЛ), якщо ЖЄЛ не було виміряно.

Максимальна середня об'ємна швидкість видиху (МСОШ [MMEF]) - це середня максимальна швидкість видиху, визначена між 75% і 25% ФЖЄЛ.

Альвеолярна вентиляція (АВЛ) - це об'єм атмосферного повітря, який проходить через легеневі альвеоли за одну хвилину. Для розрахунку альвеолярної вентиляції потрібно знати величину анатомічного мертвого простору (АМП). Якщо це значення не виміряне експериментально, то для розрахунку часто

використовують значення 150 мл для об'єму АМП. Формула для розрахунку альвеолярної вентиляції може мати вигляд:

$$\text{АВЛ} = (\text{ДО} - \text{АМП}) \cdot \text{ЧД.}$$

Наприклад, коли глибина дихання у людини досягає 650 мл, а частота дихання 12, то АВЛ буде дорівнюватиме 6000 мл $(650-150) \cdot 12$.

$$\text{АВ} = (\text{ДО} - \text{ОМП}) * \text{ЧД} = \text{ДО}_{\text{альв}} * \text{ЧД}$$

АВ - альвеолярна вентиляція легень;

ДО - дихальний обсяг повітря альвеолярної вентиляції;

ЧД - частота дихання

Максимальна вентиляція легенів (МВЛ) представляє собою максимальний об'єм повітря, який може пройти через легені людини протягом однієї хвилини. Її можна визначити шляхом проведення довільної гіпервентиляції у стані спокою (дихання максимально глибоко і часто протягом не більше 15 секунд). Застосовуючи спеціальну методику, МВЛ можна вимірювати під час інтенсивної фізичної активності. Значення МВЛ знаходиться в межах 40-170 літрів на хвилину в залежності від конституції та віку людини, а для спортсменів це значення може сягати 200 літрів на хвилину.

Щодо потокових показників зовнішнього дихання, наряду з легеневими обсягами і ємностями, використовуються так звані потокові показники. Один із простих методів їх визначення - пікова об'ємна швидкість видиху, що вимірюється за допомогою пікфлоуметра. Пікова об'ємна швидкість видиху (ПОШ) - це максимальна швидкість потоку повітря під час форсованого видиху. У медичних умовах використовуються також пневмотахографи з комп'ютерною обробкою для більш детальної оцінки параметрів зовнішнього дихання.

Серед інших показників значимі ПОШ, максимальні (миттєві) об'ємні швидкості повітряного потоку на різних відсотках форсованої життєвої ємності легень (МОС25, МОС50, МОС75) і об'єм форсованого видиху за 1 секунду (ФЖЄЛ1). Індекс Тиффно визначає відсоткове відношення ФЖЄЛ1 до ФЖЄЛ. Усі ці показники можуть бути зафіксовані за допомогою спеціальної кривої, яка відображає зміни об'ємної швидкості повітряного потоку в процесі форсованого видиху.

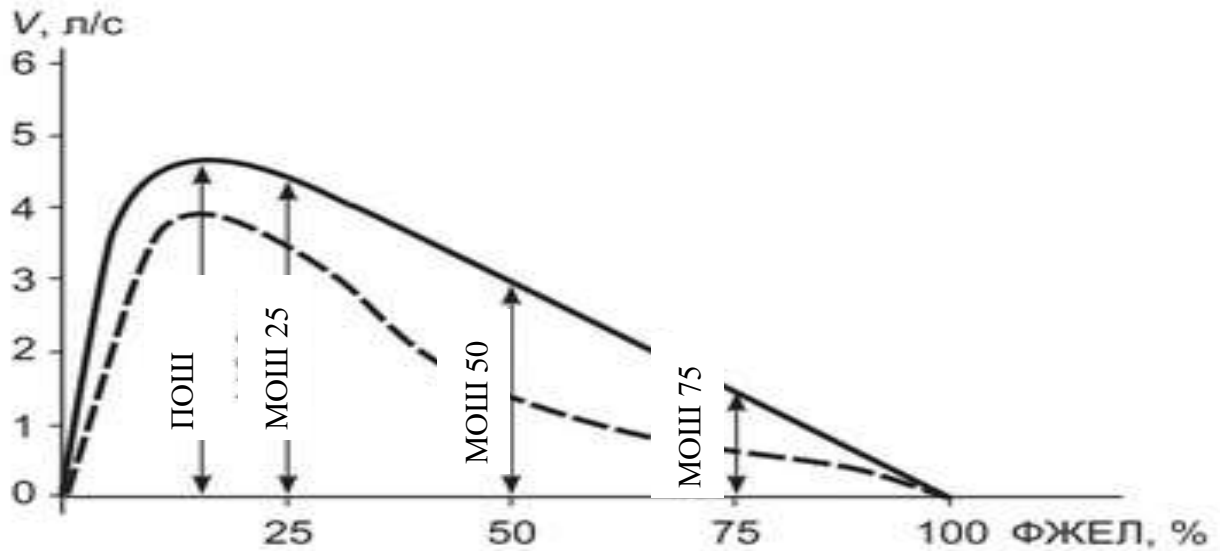


Рисунок 2.3 - потокові показники дихання

На графіку 2.3, що відображає потокові показники дихання, вершина верхньої кривої вказує на величину пікової об'ємної швидкості видиху (ПОШ), а проєкції моментів видиху при 25% ФЖЄЛ, 50% і 75% характеризують величини миттєвих об'ємних швидкостей (МОШ25, МОШ50 і МОШ75).

Важливою є не лише швидкість потоку в окремих точках, але і загальний хід кривої. Ділянка від 0% до 25% видиху ФЖЄЛ відображає прохідність для повітря великих бронхів, трахеї і верхніх дихальних шляхів, а ділянка від 50% до 85% ФЖЄЛ вказує на прохідність дрібних бронхів і бронхіол. Зниження прохідності дрібних бронхів і бронхіол вказується на прогин на низхідній ділянці кривої в області видиху 75-85% ФЖЄЛ.

Також на графіку представлені криві "потік - об'єм" для здорової людини (верхня) та людини з обструктивним порушенням прохідності дрібних бронхів (нижня).

Визначення зазначених об'ємних і поточкових показників використовується для діагностики стану зовнішнього дихання. Чотири основні варіанти висновків щодо функції зовнішнього дихання включають норму, обструктивні порушення, рестриктивні порушення та змішані порушення (поєднання обструктивних і рестриктивних порушень).

Показники зовнішнього дихання поділяються на статичні і динамічні. Статичні показники, такі як легеневі об'єми, визначають потенційні можливості

дихання і залежать від антропометричних даних та функціональних обсягів легень.

Таблиця 2.2 – Характеристики легень по спірографії

<i>Легеневі об'єми та ємності</i>	<i>Характеристика</i>	<i>Об'єм у дорослої людини, мл</i>
Дихальний об'єм (ДО)	Об'єм повітря, який людина може вдихнути (видихнути) при спокійному диханні	500 - 800
Резервний об'єм вдику (РОВд)	Кількість повітря, яку людина може вдихнути додатково після спокійного вдику	1500 - 1800
Резервний об'єм видиху (РОВид)	Об'єм повітря, який людина може видихнути додатково після спокійного видиху	1500 - 1800
Залишковий об'єм (ЗО)	Об'єм повітря, який залишається в легенях після максимального видиху	1000 - 1500
Життєва ємність легень (ЖЄЛ)	Максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після максимального вдику. Залежить від загальної ємності легень, сили дихальних м'язів, грудної клітки і легень $(ЖЄЛ) = РОВд + ДО + РОВид$	Чол – 3500-5000 Жін – 3000-3500
Загальна ємність легень (ЗЄЛ)	Найбільша кількість повітря, яка повністю заповнює легені. Характеризує ступінь анатомічного розвитку органа $(ЗЄЛ) = ЖЄЛ + ЗО$	4500 - 7000
Функціональна залишкова ємність (ФЗЕ)	Кількість повітря, яке залишається в легенях після спокійного видиху $(ФЗЕ) = РОВид + ЗО$	2000 - 2500
Ємність вдику	Характеризує можливість наповнення легень повітрям при вдику після покійного видиху. $Євд = ДО + РОВд$	2000 - 2600

Статичні показники дихання визначаються за допомогою методу, відомого як спірометрія. Спірометрія - це метод визначення статичних показників дихання (об'ємів, за винятком залишкового, та ємностей, за винятком функціональної залишкової ємності і залишкового об'єму легень), який використовується для вимірювання об'єму видиханого повітря за допомогою приладу, що реєструє його кількість.

Динамічні показники зовнішнього дихання характеризують реалізацію потенційних можливостей дихальної системи і включають такі параметри, як об'єм та швидкість повітряного потоку. Таблиця 2.3 може містити динамічні показники, які використовуються для оцінки функції зовнішнього дихання.

Таблиця 2.3 – потенційні можливості дихальної системи

Показник	Характеристика	Значення
Хвилиний об'єм дихання (ХОД) = ДО × частота дихальних рухів за 1 хв	Характеризує кількість повітря, що надійшло в легені (і що видаляється з них) при спокійному диханні за 1 хв	В нормі, при спокої ХОД складає 5-6 л/хв, при легкій фізичній роботі збільшується до 10-12 л/хв
Максимальна вентиляція легень (МВЛ) = ДО _{макс} × частота дихання	Характеризує кількість повітря, що надходить у легені (і що видаляється з них) при форсованій глибині і частоті дихання	В нормі становить 60- 180 л/хв (залежить від статі, віку, росту, тренуваності)
Мертвий простір (МП)	Не все повітря, що надходить в легені, доходить до альвеол і бере участь в газообміні. Це повітроносні шляхи, аж до переходу бронхіол в альвеоли, які непроникні для газів	В нормі об'єм МП становить 150-180 мл. Тому говорять не про вентиляцію легенів, а про вентиляцію альвеол, яка менше на величину мертвого простору
Коефіцієнт легеневої вентиляції (КЛВ) $КВЛ = \frac{ДО - МП}{ФЗЄ}$	Характеризує ступінь відновлення складу повітря в легенях при кожному вдиху: наприкінці попереднього видиху в легенях залишалося повітря, рівне ФЗЄ. При новому вдиху в альвеоли надійшло (ДО – МП) нового повітря. Отже, зазначений коефіцієнт показує ступінь розведення повітря, що надійшло заново, яке побувало до того в альвеолах	У нормі КЛВ = 1/7–1/9. Відновлення повітря дуже невелике. Це має позитивне значення і сприяє сталості газового складу повітря в альвеолах.

2.2. Методи та способи дослідження функцій системи зовнішнього дихання

Функціонально дихальна система може бути розділена на три компоненти [7]:

- Повітроносні шляхи (ВП);
- Легенева паренхіма;
- Грудна клітка, що виконує функцію хутра.

Зміни функції будь-якого з цих трьох компонентів можуть стати причиною задишки і вимірюваних відхилень функції легень. Функціональне дослідження легень використовується для оцінки стану кожного з цих трьох компонентів.

2.2.1 методи функціонального дослідження зовнішнього дихання

Функціональна діагностика (ФД) - це розділ діагностики, заснований на використанні інструментальних і лабораторних методів дослідження хворих для об'єктивної оцінки функціонального стану різних систем, органів і тканин організму в спокої і при навантаженнях, а також для спостереження за динамікою функціональних змін, що відбуваються під впливом лікування [8].

До методів дослідження функції зовнішнього дихання відносяться наступні:

1. Дослідження механічних властивостей легень:
 - Спірометрія;
 - Бодіплетізмографія.
2. Дослідження еластичних властивостей легень.
3. Дослідження легеневого газообміну:
 - Визначення дифузійної здатності легень;
 - Визначення концентрації газів крові;
 - Визначення реакції газообміну на фізичне навантаження.

2.2.2 методи та прилади для діагностичних досліджень зовнішнього дихання

Серед методів оцінки легеневої функції використовуються:

- **Спірометрія:** метод вимірювання обсягів повітря, що видихається, за допомогою спірометра. Цей метод оцінює об'єми і потоки повітря під час дихання.
- **Спірографія:** метод безперервної реєстрації обсягів вдиху та видиху. Спірограма, отримана за допомогою спірографії, використовується для визначення життєвої ємності легенів та інших параметрів дихання.
- **Пневмотахографія:** метод безперервної реєстрації об'ємної швидкості потоку вдиху та видиху.

До інших методів дослідження респіраторної системи входять плетизмографія грудної клітини, прослуховування звуків дихання,

рентгеноскопія, визначення вмісту кисню та вуглекислого газу в видихнутому повітрі та інші.

Бодіплетізографія є основним сучасним методом дослідження механізмів дихання, призначеним для оцінки структури загальної ємності легень з урахуванням залишкового обсягу і вимірювання аеродинамічного опору дихальних шляхів.

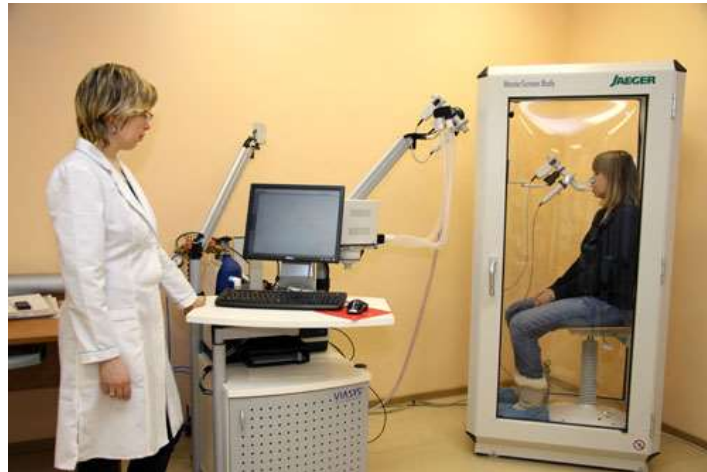


Рисунок 2.4 - Герметично закрита камера об'ємом орієнтовно 800 л

Герметично закрита камера дозволяє відокремлювати певний відомий обсяг газу, в якому перебуває об'єкт обстеження, від навколишнього середовища. Обстежуваний індивід дихає повітрям кімнати, де проводиться дослідження, через трубку, обладнану пневмотахографічним датчиком, з повністю відсутнім потоком повітря між камерою та дихальними шляхами пацієнта. У процесі дослідження реєструються не лише потік повітря, але й зміни тиску в ротовій порожнині та тиску в камері.

Дифузійна здатність легень – це фізіологічний показник, який визначає перенесення газів через стінку альвеол легень за одиницю часу. Коефіцієнт дифузії газу визначається як коефіцієнт розчинення газу в ліпідах мембрани, поділеної на молекулярну масу газу. Зауважте, що розчинення вуглекислого газу в ліпідах є в 25 разів вищим, ніж розчинення кисню, що дозволяє йому активніше проникати через мембрану, незважаючи на менший парціальний тиск. Головним чинником, що впливає на дифузійну здатність легень, є площа доступних для газообміну альвеол, яка у людини в нормі становить 50-90 м².

Щодо особливостей схемотехнічного рішення медичних приладів для діагностики дихальної системи людини, то спірометри (від лат. *Spirare* - дихати, видихати та грец. *Metreo* - міряю) є пристроями для вивчення зовнішнього (легеневого) дихання, вимірюючи легеневі обсяги. Залежно від конструкції спірометра може бути водяним або сухим (безводним). Життєва ємність легень (VC) виступає основним показником спірометрії та представляє собою максимальний об'єм повітря, який можна вдихнути або видихнути. У деяких конструкціях використовується вода, тоді як інші можуть бути сухими і використовувати різні механізми для вимірювань, такі як хутряні, клинові, сільфонні, роликові, мініатюрні лічильники з турбінкою та мішком.

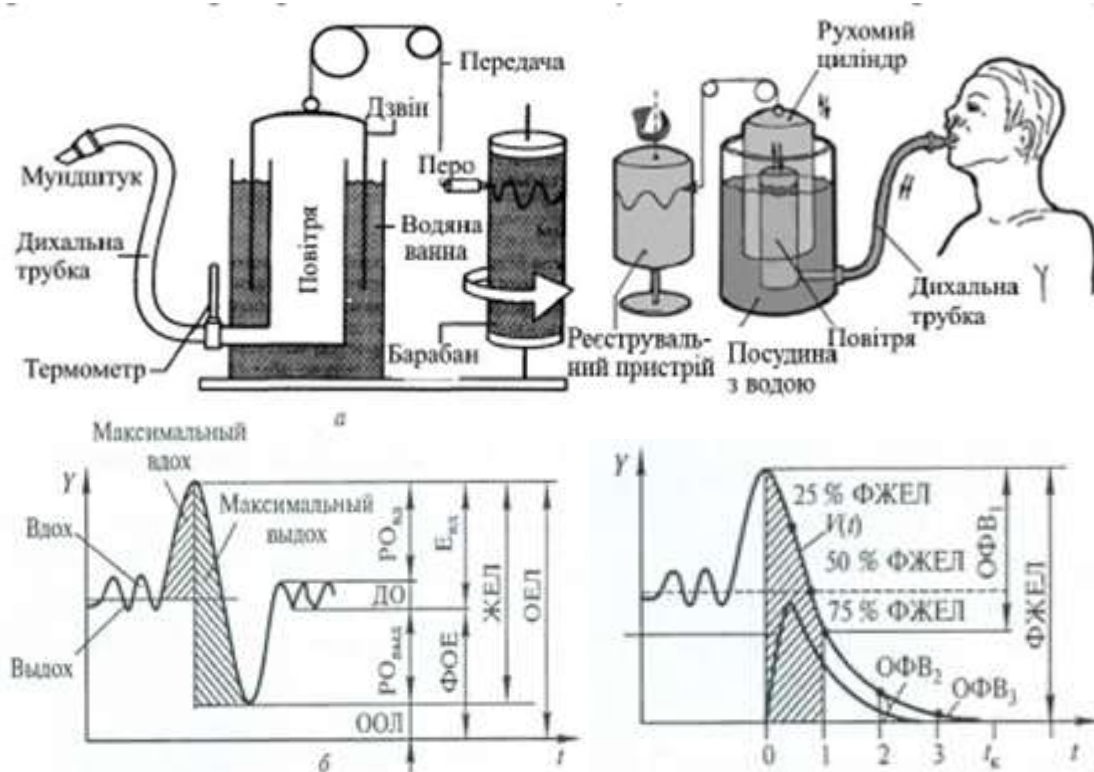


Рисунок 2.5 - Схема дзвонового волюмоспірометра на воді (а) та його видаючі сигнали (б)

Залишковий обсяг (ЗО, RV) представляє собою кількість повітря, яка залишається в легенях після максимального експіраторного маневру, тобто після того, як людина видає максимальний обсяг повітря. ЗО є важливим параметром при вивченні функції легень.

Загальна ємність легенів (ЗЄЛ, TLC) включає у себе життєву ємність легенів (VC) та залишковий обсяг (ЗО). Таким чином, ЗЄЛ визначається як сума

максимального обсягу повітря, який можна вдихнути або видихнути (VC) і обсягу повітря, який залишається в легенях після максимального видиху (ЗО).

Основним елементом сучасних спірографічних комп'ютерних систем є пневмотахографічний датчик, який реєструє об'ємну швидкість потоку повітря.

Датчик представляє собою широку трубку, через яку пацієнт вільно дихає. Завдяки невеликому аеродинамічному опору трубки між її початком і кінцем виникає різниця тисків, яка пропорційна об'ємній швидкості потоку повітря. Таким чином, за допомогою пневмотахограми можна реєструвати зміни об'ємної швидкості потоку повітря під час вдиху і видиху. Пневмотахограма дозволяє отримати деталізовану інформацію про характеристики дихальної функції та розкриває важливі аспекти фізіології дихання.

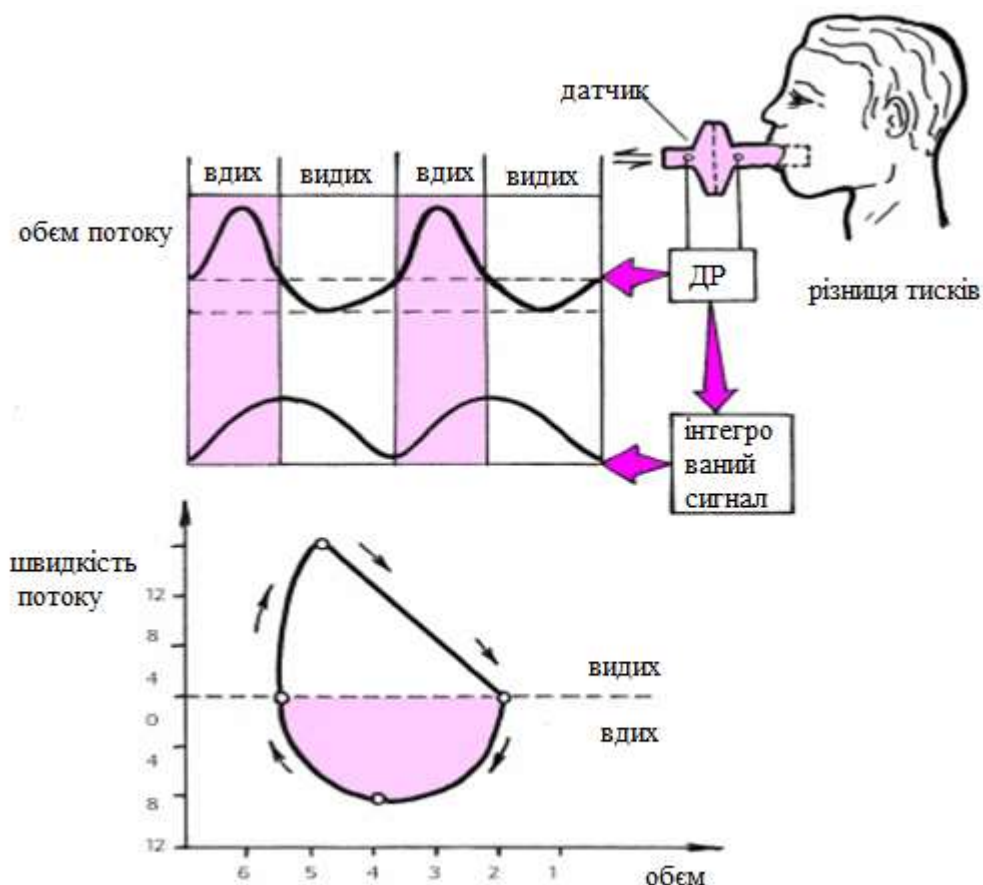


Рисунок 2.6 - Принципи дії спірографії



Рисунок 2.7- Сучасні спірографи та спірометри з можливістю оксиметру

Пневмотахометрія - це методика, яка дозволяє визначити зміни об'ємної швидкості потоку вдихуваного і видихуваного повітря протягом дихального циклу. Цей метод дозволяє детально оцінювати динамічні аспекти дихальної функції.

Об'ємна швидкість форсованого вдиху і видиху та об'ємна швидкість вдиху і видиху при спокійному диханні є важливими динамічними показниками, які вказують на резервні можливості дихальної системи та функціональний стан легенів. Ці показники вимірюються за допомогою спеціального приладу - пневмотахометра.

Флоуспірометри, або пневмотахометри, працюють у відкритій системі, де пацієнт дихає через трубку з відкритою контуру, що дозволяє не відчувати додаткового опору диханню, як це може бути у звичайних спірометрах. Ці прилади дозволяють вимірювати об'ємну швидкість газу під час різних режимів дихання.

Пікфлоуметри є простими флоуспірометрами, які використовуються для вимірювання максимальної об'ємної швидкості газу під час форсованого видиху. Ці прилади часто використовуються в домашніх умовах для моніторингу функції легень у пацієнтів з астмою та іншими захворюваннями дихальної системи.

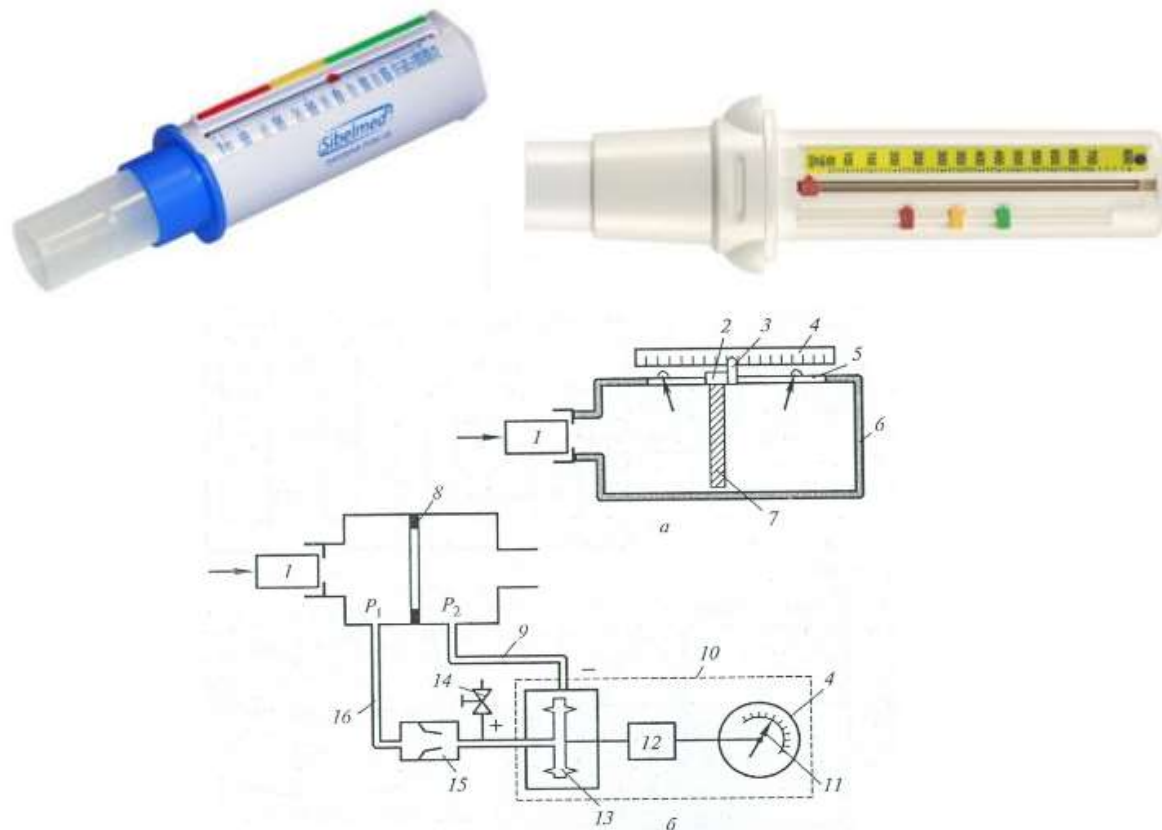


Рисунок 2.8- Схеми різних пікфлоуметрів.

1-мундштук; 2-виступ; 3-рухливий покажчик; 4-шкала; 5-щілину; 6-корпус;
7-рухома пластина; 8-діафрагма; 9,16-гнучкі трубки; 10-мембранний диференці-
йний манометр; 11-стрілка; 12-передавальний механізм; 13-мембранна коробка;
14- вентиль; 15-зворотний клапан.

Описана вами конструкція пікфлоуметра та згадка про цифрові мікропроцесорні або комп'ютерні флоуспірометри свідчать про важливий розвиток в області діагностики дихальної системи. Дозвольте розглянути основні елементи та засоби вимірювання:

1. **Циліндричний корпус:** Це основна оболонка або рама приладу, де розташовані рухлива пластинка і інші компоненти.
2. **Рухлива пластинка:** Тонка пластмасова пластинка, що може рухатися, перекриває внутрішній перетин циліндричного корпусу.
3. **Виступ:** Це виділення або виїмка в корпусі, що взаємодіє з іншими елементами для вимірювань.
4. **Щілина та шкала:** Щілина в корпусі, уздовж якої розташована шкала, слугує для визначення положення рухомого покажчика. Шкала вказує на величину вимірювань.

5. **Рухомий покажчик:** Елемент, який переміщується по шкалі відповідно до руху повітря, надаючи вимірювання.
6. **Цифровий обчислювальний пристрій:** Це електронний компонент, який обробляє та аналізує отримані дані.
7. **Пристрої введення-виведення:** Це компоненти, що дозволяють введення даних (наприклад, вимірювання) і виведення результатів, наприклад, на екран чи друк.

Цифрові флоуспірометри вигідні завдяки точній обробці даних, можливості автоматизації, збереженню результатів та зручності в інтеграції з іншими системами. Це дозволяє отримувати більш точні та швидкі результати при дослідженні функцій дихання.

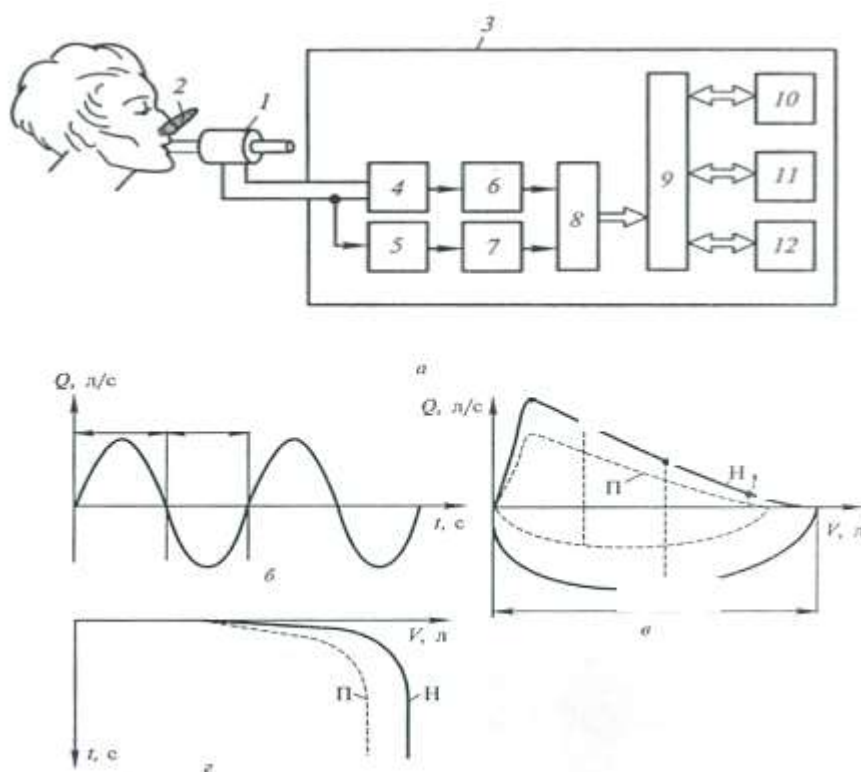


Рисунок 2.9 - Схема цифрового флоуспірометра (а) і його сигнали (б, в, г).

1-блок вимірювання витрати; 2-прищіпка; 3-блок обробки і відображення інформації; 4-пристрій вимірювання сигналу датчика витрати; 5-датчик тиску; 6,7-електронні підсилювачі; 8-мультиплексор і АЦП; 9-цифрове обчислювальний пристрій; 10-пристрій відображення інформації; 11-клавіатура; 12- принтер.

Так, турбінні витратоміри є типом витратомірів, що використовують принцип вимірювання швидкості обертання турбіни для визначення об'ємного

потіку рідини або газу. Основні елементи турбінного витратоміра включають турбіну та датчик для реєстрації швидкості обертання. На короткий огляд принципу дії можна подати так:

1. **Турбіна:** Розташована в потоці рідини або газу. Вона має лопаті чи лопасті, які обертаються під дією потоку.
2. **Датчик обертання:** Зазвичай це датчик, який реєструє швидкість обертання турбіни. Цей сигнал потім перетворюється на об'ємний потік.

Принцип роботи такий:

- Коли рідина чи газ проходить через турбіну, її потік приводить в рух лопаті турбіни.
- Швидкість обертання турбіни пропорційна швидкості потоку рідини чи газу.
- Датчик обертання фіксує цю швидкість обертання і генерує сигнал, який далі обробляється для визначення об'ємного потоку.

Турбінні витратоміри широко використовуються у промисловості та наукових дослідженнях для точного вимірювання величини потоку рідин або газів в системах, таких як системи водопостачання, системи опалення, пневматичні системи, хімічні процеси та інші. Однією з переваг турбінних витратомірів є їх висока точність та відносна простота у використанні.

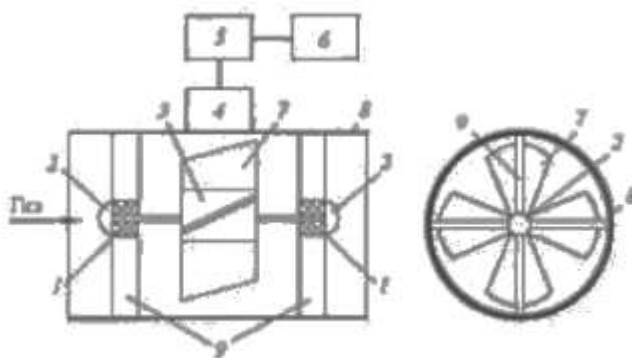


Рисунок 2.10- Схема первинного турбінного витратоміра

1-підшипник; 2-обтічник; 3-турбинка; 4-індикатор напрямку руху потоку; 5-перетворювач швидкості обертання; 6-блок обробки і відображення інформації; 7-лопасті турбіни; 8-корпус; 9-стійки.

Під час проходження через витратомір потоку, турбіна обертається під впливом кінетичної енергії, а її оберти вимірюються перетворювачем швидкості

обертання. Сигнал, що надходить від перетворювача, обробляється блоком обробки і відображення інформації.

Ріноманометрія - метод кількісної оцінки функції носового дихання [14-15], який ґрунтується на вимірюванні перепаду тиску між входом і виходом з носової порожнини і, при цьому, реєструє витрату повітря. Традиційно, головним показником ріноманометричної діагностики є коефіцієнт опору носового дихання (аеродинамічного опору носових проходів), який визначається як відношення перепаду тисків Δp на носовій порожнині до відповідної витрати повітря Q .

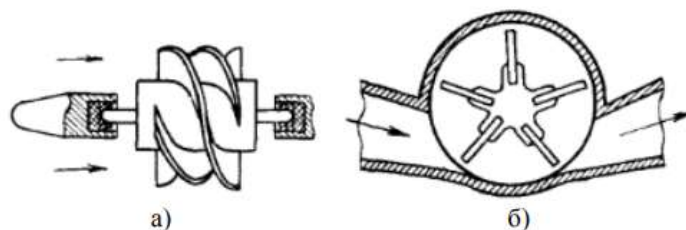


Рисунок 2.11 – Конструкції вимірювальних турбін: а) - аксіальна турбіна; б) - тангенціальна турбіна

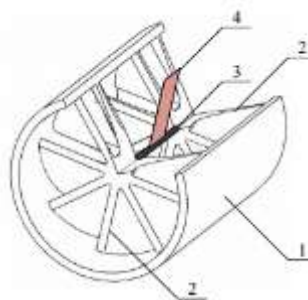


Рисунок 2.12 – Конструкція вимірювальної турбіни (з радіальним вирізом 1/4):

1 - тіло турбіни, виконане у вигляді циліндра; 2 - направляючий апарат з двох нерухомих крильчаток; 3 - вісь ротора; 4 - ротор, з пелюстками у вигляді пластини.

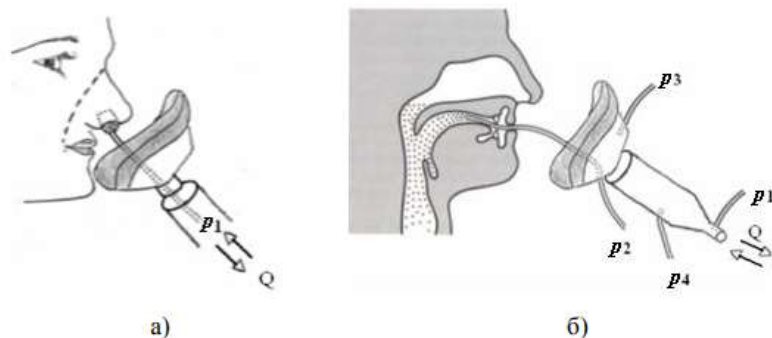


Рисунок 2.13 – Напівконструктивні схеми розміщення датчиків тиску p і витрати повітря Q при передній (а) і задньої (б) активної риноманометрії

Датчики параметрів системи дихання: [16]

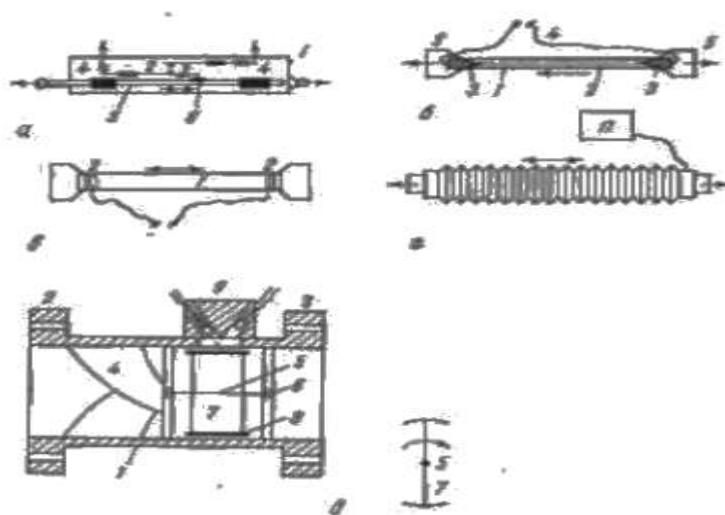


Рисунок 2.14 - Схеми датчиків параметрів дихання: а-контактний датчик; б-вугільний датчик; в- датчик з провідної гуми; г-пневматичний датчик; д-турбінний датчик

Сучасні пристрої для тестування носового дихання базуються на методі одночасного вимірювання перепаду тиску в носових проходах (або одному з них) та витрати повітря для отримання значення коефіцієнта аеродинамічного опору носа. За цим коефіцієнтом формується висновок щодо повітряної провідності верхніх дихальних шляхів пацієнта або ефективності проведеного лікування. Риноманометрична діагностика має діагностичну цінність, оскільки надає об'єктивну кількісну інформацію про функцію дихання верхніх дихальних шляхів.

Оскільки вимірювання риноманометричних показників проводяться без зразка і мають високу чутливість до фаз носового циклу та параметрів

повторюваності дихальних маневрів, важливо розробляти пристрої та методи, які забезпечують достовірність вимірювань з урахуванням фізіологічних особливостей (загальний фізичний стан хворого, вік, функціональний стан нижніх дихальних шляхів) та індивідуальної анатомічної варіабельності пацієнта. Тільки в такому випадку отримані рінومانометричні дані можуть служити об'єктивним критерієм для оцінки носового дихання та застосування в клінічній практиці.

Дослідженням відомих методів тестування носового дихання та проведеними комп'ютерними рінومانометричними експериментами типу ТНД-ПРХ було виявлено два методи непрямой рінومانометрії. Вони ґрунтуються на рінومانометричному обстеженні пацієнта тільки при форсованому диханні. Гіпотеза, на якій базуються ці методи, полягає в тому, що механічна потужність дихальних м'язів легень є еквівалентом пневматичної потужності.

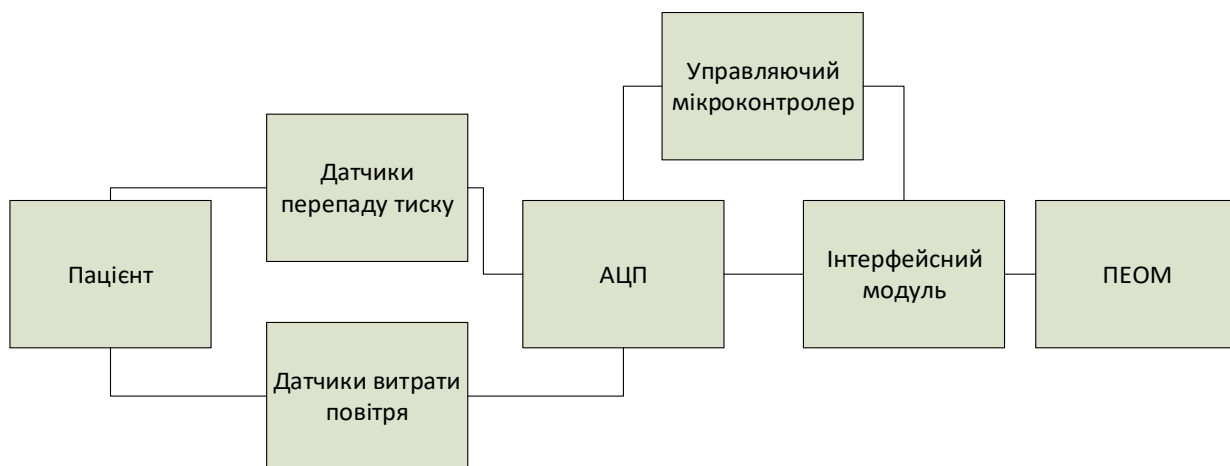


Рисунок 2.15 - структурна схема рінومانометра КРМ типу ТНДА-ПРХ.

Комп'ютерний рінومانометр включає в себе вимірювальний блок, оснащений датчиками тиску і витрати повітря. Сигнали з цих датчиків передаються до блоку перетворення, де вони цифруються за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Потім ці цифрові сигнали передаються через інтерфейсний модуль до персонального електронного обчислювального пристрою (ПЕОМ).

Керуючий мікроконтролер генерує стробуючі імпульси відповідно до обраного режиму. На ПЕОМ за допомогою програмного забезпечення проводиться високорівнева обробка сигналів, візуалізація, аналіз і протоколювання результатів обстеження.

3 ВИБІР СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

3.1. Аналітичний огляд методів та інструментів для дослідження системи дихання.

Вивчення стану бронхолегеневої системи людини важливе, оскільки вона займає одне з перших місць серед найпоширеніших хвороб. Для діагностики, профілактики та лікування захворювань дихальних шляхів існує багато методик і заходів.

Дослідження функції зовнішнього дихання в практиці операторів екстремальних видів діяльності дозволяє оцінити функціональний стан людини, його фізичну працездатність та резервні можливості організму. Для комплексної оцінки функціонального стану дихальної системи необхідна інформаційна характеристика трьох етапів транспортування кисню від атмосферного повітря до тканин організму.

Перший етап включає газообмін між атмосферним повітрям та альвеолярним. Показники, що характеризують цей етап, включають частоту дихання, дихальний об'єм, хвилинний об'єм дихання, максимальну вентиляцію легень, життєву ємність легень та інші.

Другий етап охарактеризовує обмін газів у легенях і може бути визначений методами спірографії та газометрії.

Третій етап полягає в обміні газів між артеріальною кров'ю і тканинами. Дослідження цього етапу вимагає складних приладів, таких як полярографи, і покищо не має широкого застосування в медичних дослідженнях.

Загальна характеристика методів діагностики в пульмонології включає клінічні, лабораторні, функціональні, променеві та ендоскопічні методи. Функціональні методи, зокрема спірометрія та спірографія, є широко використовуваними для оцінки функції зовнішнього дихання.

Основні показники, що характеризують стан функції зовнішнього дихання, включають легеневі обсяги і ємності, потоки повітря та інші параметри, які дозволяють отримати детальну інформацію про роботу дихальної системи.

Розрізняють 4 первинних та 4 ємності типи легеневиx обсягів (рисунок 3.1).

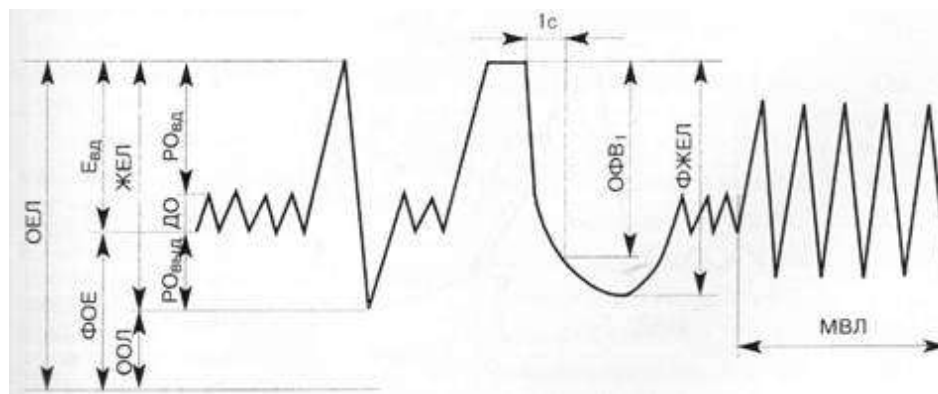


Рисунок 3.1 - Показники які відносяться до 1-ї групи

Дихальний об'єм (ДО, або VT - tidal volume) представляє собою об'єм повітря, який вдихається і видихається під час спокійного дихання.

Резервний об'єм вдиху (РОВд, або IRV - inspiratory reserve volume) визначає максимальний об'єм повітря, який можна додатково вдихнути після спокійного вдиху.

Резервний об'єм видиху (РОВид, або ERV - expiratory reserve volume) вказує на максимальний об'єм повітря, який можна додатково видихнути після спокійного видиху.

Залишковий об'єм легень (ЗОЛ, або RV - reserve volume) представляє кількість повітря, яке залишається в легенях після максимально глибокого видиху.

Життєва ємність легень (ЖЕЛ, або VC - vital capacity) визначає максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після максимального глибокого вдиху.

$$\text{ЖЕЛ} = \text{ДО} + \text{РОВд} + \text{РОВид}$$

- об'єм вдиху (ЕВд, або Іс - inspiratory capacity) - це максимально допустимий об'єм повітря, що можна вдихнути в спокійному стані. Величина цієї ємності певним чином характеризує здатність до розтягування легеневої тканини.

$$\text{ЕВд} = \text{ДО} + \text{РОВд}$$

- залишково функціональна ємність (ФФЕ, або FRC - functional residual capacity) - обсяг повітря, який може залишатися в легенях після спокійного видиху.

$$\text{ФФЕ} = \text{ЗОЛ} + \text{РОВид}$$

- загальна ємність легень (ЗЕЛ, або TLC - *total lung capacity*) - це загальна максимальна кількість повітря, яка міститься в легенях при максимальному вдиху.

До 2-ої групи відносяться показники, що характеризують вентиляцію легень:

- Число дихальних рухів при спокійному диханні (ЧДР, або BF - *breathing frequency*).
- Хвилинний об'єм дихання (ХОД, або MV - *minute volume*) - величина загальної вентиляції легень за хвилину при спокійному диханні.
- Хвилинна альвеолярна вентиляція.
- Максимальна вентиляція легенів.
- Резерв дихання або коефіцієнт дихальних резервів.

До 3-ї групи відносяться показники, що характеризують стан бронхіальної прохідності:

- Форсована життєва ємність легень (ФЖЄЛ, або FVC - *forced vital capacity expiratory*) - обов'язковий прийом, що дозволяє визначити найбільш інформативні швидкісні показники легеневої вентиляції при форсованому видиху.
- Об'єм форсованого видиху за 1 секунду (ОФВ1, або FEV1 *forced expiratory volume after 1 second*) - кількість повітря, вилученого з легких за першу секунду видиху.
- Індекс Тіффно = $\text{ОФВ1} / \text{ФЖЄЛ} [\%]$ - це основний показник експіраторного маневру з форсованим видихом.
- Пневмотахометрія - максимальна об'ємна швидкість видиху на рівні 25%, 50% і 75% форсованої життєвої ємності легень (МОШ25%, МОШ50%, МОШ75%, або MEF25, MEF50, MEF75 - *maximal expiratory flow at 25%, 50%, 75% of FVC*).
- Середня об'ємна швидкість видиху на рівні 25-75% від ФЖЄЛ (СОШ25-75%, або FEF25-75) - цей показник у меншій мірі залежить від довільного зусилля пацієнта і більш об'єктивно відображає прохідність бронхів.
- Пікова об'ємна швидкість видиху (ПОШ, або PEF - *peak expiratory flow*) - максимальна об'ємна швидкість форсованого видиху.

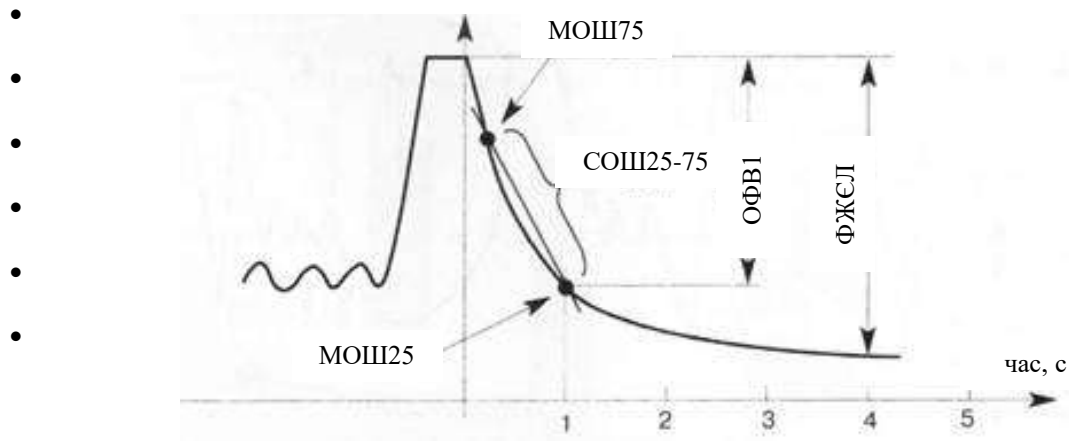


Рисунок 3.2 - Спірографічна крива, яка отримана в результаті форсованого видиху.

До 4-ї групи входять показники, що характеризують ефективність легеневого дихання або газообмін. До цих показників відносяться:

- Склад альвеолярного повітря.
- Поглинання кисню і виділення вуглекислоти.
- Газовий склад артеріальної і венозної крові.

Щодо пікфлоуметра, це портативний прилад, який дозволяє самостійно оцінити поточний стан бронхіальної прохідності в домашніх умовах. Пікфлоуметр має на корпусі цифрову шкалу, яка показує пікову швидкість форсованого видиху в літрах на секунду або літрах на хвилину, і знімний мундштук (загубник). Пацієнт може постійно носити цей прилад з собою і самостійно проводити вимірювання не рідше, ніж 2 рази на добу (вранці і ввечері), іноді кожні 3-4 години, а також додатково при появі дихального дискомфорту.

Пікфлоуметр допомагає контролювати функцію дихання, слідкувати за змінами в бронхіальній прохідності та ефективністю лікування.

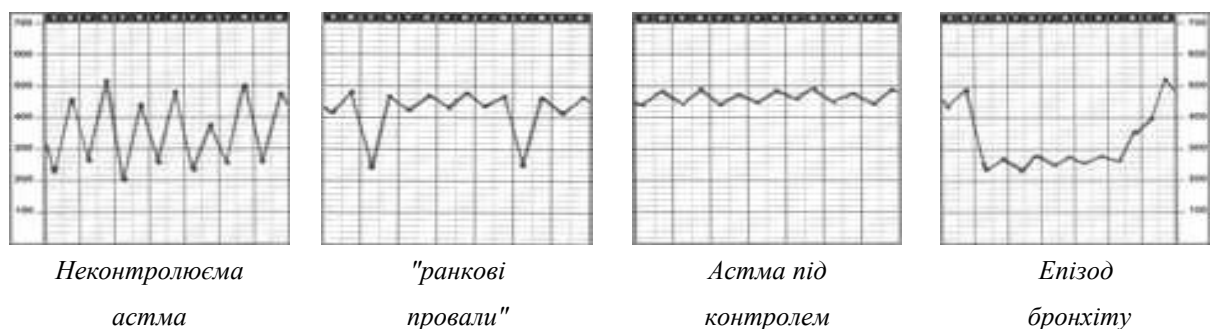


Рисунок 3.2 - Приклади типів пікфлоуметрії

Пульсоксиметрія:

Сатурація крові визначає відсоток насичення артеріальної крові киснем. Для вимірювання цього показника використовується метод пульсової оксиметрії. Цей метод є неінвазивним і базується на принципі спектрофотометрії. Спеціальний оптичний датчик розташовується на пальці або вушній раковині пацієнта і фіксує розходження спектрів поглинання при двох довжинах хвиль (для окисленого і відновленого гемоглобіну). Результатом є величина SpO₂ (оксигенація артеріальної крові) і частота пульсу. Показник SpO₂ корелює з парціальним тиском кисню в крові (PaO₂). Зниження PaO₂ може призводити до зменшення SpO₂, але ця залежність має нелінійний характер.

Променеві методи дослідження дихальної системи:

Рентгенологічний метод:

Рентгенографія і поздовжня томографія: Використовують прямі аналогові технології для отримання високої якості зображення органів грудної клітки. Рентгенографія є доступним інструментом для діагностики, динамічного спостереження та виявлення патологічних змін.

Цифрова рентгенографія: Використовується для обробки зображень та їх зберігання в електронній формі. Дозволяє отримувати зображення з високою якістю та мінімальною дозою опромінення.

Рентгеноскопія: Функціональний метод для вивчення серця та органів дихання під час їх руху. Застосовується для виявлення симптомів наявності плевральної рідини та диференційної діагностики рідини в плевральній порожнині.

Лінійна томографія: Пошаровий метод дослідження, який використовується для уточнення характеру дисемінованих процесів легень та визначення структурних змін.

Флюорографія: Використовується для отримання малоформатного зображення грудної клітки з метою профілактичного рентгенологічного обстеження населення для виявлення туберкульозу та інших захворювань.

Бронхографія: Поєднання бронхоскопії з введенням контрастної речовини для визначення структури бронхів та отримання рентгенівських зображень.

Рентгенівська комп'ютерна томографія (РКТ): Дозволяє отримати поперечні зображення грудної порожнини та деталізувати рентгенівську картину різних патологічних змін у легенях.

Ці методи дозволяють отримати високоякісні зображення та провести детальний аналіз структур та функцій дихальної системи.

3.2. Вибір методик для оцінювання системи дихання

Більшість показників зовнішнього дихання, що виходять за межі норми, вважаються відхиленнями більше ніж на 20% від належного значення. Обструктивні порушення виникають внаслідок зменшення прохідності дихальних шляхів, що може бути спричинено підвищенням тонуусу гладких м'язів, гіпертрофією слизових оболонок або наявністю інших факторів.

Для виявлення обструктивних змін використовуються показники, такі як ПОШ, ФЖЄЛ1, МОШ25, МОШ50, МОШ75, МОШ25-75, МОШ75-85, індекс Тиффно та МВЛ. Зниження тесту Тиффно менше 60% вказує на помірне порушення, а менше 40% - на виражене порушення прохідності бронхів.

Рестриктивні порушення виникають через зменшення розправлення легень при вдиху і можуть бути спричинені різними факторами, такими як зниження розтяжності легень, ушкодження грудної клітини або наявність рідини в плевральній порожнині.

Для виявлення рестриктивних змін використовуються показники, такі як ЖЄЛ, МВЛ та тест Тиффно. Зниження ЖЄЛ менше 20% і зменшення МВЛ свідчать про рестриктивні порушення.

Динаміка розумової працездатності операторів екстремальних видів діяльності залежить від обсягу фізичних навантажень і може бути негативно вплинута відсутністю інтересу до фізичної активності у молодих людей.

Дихання, яке забезпечує надходження кисню в організм і виведення вуглекислого газу, визначає адаптацію організму до фізичних навантажень та спортивну працездатність.

Життєва ємність легенів (ЖЄЛ) визначає максимальний об'єм, який можна видихнути після глибокого вдиху і є ключовим показником вентиляційної функції

легень. У дорослих здорових людей цей показник становить 3-6 л у чоловіків і 2-5 л у жінок.

У стані спокою людина використовує лише 20-25% дихальної поверхні легенів, і лише при інтенсивних фізичних навантаженнях використовується решта 75-80%. Працездатність людини визначається тим, яка кількість кисню забирається з повітря в легені і передається в тканини та клітини. Під час фізичних навантажень споживання кисню значно зростає, що ставить підвищені вимоги до серцево-судинної та дихальної систем.

Для визначення функціонального стану зовнішнього дихання у молодих працездатних людей використовують такі методи: спірографія, аналіз газового складу видиханого повітря та функціональні проби з фізичним навантаженням.

Спірографія - це метод графічного реєстрації змін легеневих об'ємів під час різних дихальних маневрів. За допомогою спірометру оцінюються різні показники, такі як легеневі обсяги і ємності, показники легеневої вентиляції (частота дихання, дихальний об'єм, життєва ємність легенів, форсована життєва ємність, хвилинний об'єм дихання, максимальна вентиляція легенів), а також досліджується сила дихальної мускулатури та бронхіальна прохідність.

Спірографія та інші функціональні дослідження є важливими для діагностики захворювань та ризику їх виникнення, вибору лікувальних заходів та об'єктивної оцінки лікувального ефекту. Для оцінки газообміну між альвеолярним повітрям і кров'ю легеневих капілярів, важливо визначити кількість поглиненого кисню та виділеної вуглекислоти. Аналіз газового складу видиханого повітря дозволяє визначити відсоток поглинання кисню і виділення вуглекислого газу, навіть під час фізичного навантаження.

Для визначення функціонального стану організму використовують субмаксимальні тести, включаючи пробу PWC170 (велоергометрія). Цей тест дозволяє визначити потужність фізичного навантаження, яка призводить до підвищення частоти серцевих скорочень до 170 уд/хв, що відповідає оптимальному функціонуванню кардіореспіраторної системи.

Велоергометр - це прилад, оснований на велостанку, який дозволяє дозувати навантаження шляхом регулювання частоти педалювання та опору обертанню

педалей. Тест PWC170 використовується для визначення фізичної працездатності. Потужність першої роботи (N1) підбирається відповідно до маси тіла обстежуваного, а потужність другого навантаження (N2) визначається в залежності від результатів першого тесту та частоти серцевих скорочень під час другого навантаження. Цей тест надає інформацію про функції легень та кардіореспіраторної системи під час фізичних навантажень.

Таблиця 3.1 - Певні значення потужності для навантаження, яке рекомендується при визначенні PWC170

Потужність роботи при першій навантаженні N1, кгм / хв	ЧСС при N1, уд/хв					
	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	80-89
	Потужність роботи при другій навантаженні N2, кгм / хв					
150	900	800	700	600	500	900
250	1000	900	800	700	600	1000
350	1100	1000	900	800	700	1100
450	1200	1100	1000	900	800	1200
550	1300	1200	1100	1000	900	1300

Розрахунки персональної величини ФПЗ можна отримати за формулою:

$$PWC170 = N1 + (N2 - N1) * (170 - ЧСС1) / (ЧСС2 - ЧСС1),$$

де N1 - певна потужність першого навантаження; N2 - певна потужність другого навантаження; ЧСС1 і ЧСС2 - частота пульсу людини в кінці першого та другого навантаження.

Оцінка ФПЗ буде проводитися наступним шляхом порівняння виявленої при проведення проби значення з елементами, наведених в таблиці 3.2

Таблиця 3.2- Оцінка стану фізичної працездатності певних осіб різного віку та статі.

вік, роки	Низька	Нижче середнього	Середня	Вище середнього	Висока
Жінки					
20-29	<449	450-549	550-749	750-849	>850
30-39	<399	400-499	500-699	700-799	>800
40-49	<299	300-399	400-599	600-699	>700
50-59	<199	200-299	300-499	500-599	>600
Чоловіки					
20-29	<699	700-849	850-1149	1150-1299	>1300
30-39	<599	600-749	750-1049	1050-1199	>1200
40-49	<499	500-649	650-949	950-1099	>1100
50-59	<399	400-549	550-849	850-999	>1000

У цілому, для оцінки функціонального стану зовнішнього дихання у молодих фахівців-операторів (18-30 років), рекомендується використовувати комплексний підхід, який включає наступні методи:

Функціональна проба з фізичним навантаженням (тест PWC170):

Дозволяє визначити фізичну працездатність та функціональний стан серцево-судинної і дихальної систем.

Спірографія до і після фізичного навантаження:

Допомагає в оцінці об'ємних та потокових параметрів зовнішнього дихання.

Виявлення можливих порушень, зокрема обструктивних.

Аналіз газового складу видиханого повітря в спокої і при фізичному навантаженні:

Визначення відсотку поглинання кисню та виділення вуглекислого газу.

Допомагає в оцінці газообміну між альвеолярним повітрям і кров'ю легених капілярів.

Цей комплекс методів дозволяє провести об'єктивну оцінку функції зовнішнього дихання, виявити порушення та розрізнити обструктивні та рестриктивні розлади. Враховуючи обмежені можливості проведення функціональних проб у робочих умовах, такий підхід надає інформацію про стан дихальної системи без необхідності значного фізичного навантаження.

На рис. 3.3, 3.4 відображено нормальну петлю (криву) співвідношенням об'ємної потокової швидкості та об'ємного повітря при значенні дихальних маневрів та спірограми ФЖЄЛ та кривої, що відповідає форсованому видиху в координатах «потік-об'єм»: V - вісь обсягу; V' - вісь потоку відповідно.

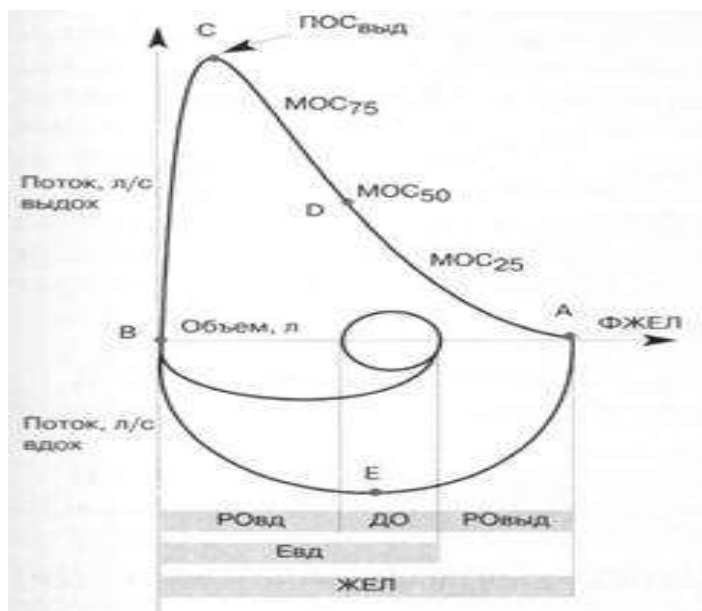


Рисунок 3.3 - Нормальна петля (крива)

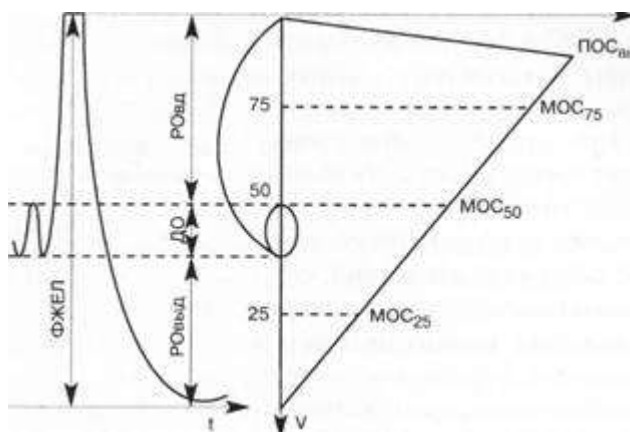


Рисунок 3.4 - Схема спірограми

Всі показники, що характеризують стан функції зовнішнього дихання, розглянути в п.3.1. Нижче представлена таблиця основних показників системи дихання людини із градацією порушень.

Таблиця 3.3- Градація показників порушень системи зовнішнього дихання

Показник	Норма	Умовна норма	Зміни		
			Помірні I ступень	Значні II ступень	Різкі III ступень
ЖЄЛ, % потр.	> 90	90 – 85	84 – 70	69 – 50	< 50
ОФВ1, % потр.	> 85	85 – 75	74 – 55	54 – 35	< 35
ПОШ	ч > 84	84 – 74	74 – 48	49 – 40	< 40
	ж > 83	82 – 71	72 – 46	46 – 38	< 38
МОШ25	ч > 82	82 – 70	70 – 53	53 – 36	< 36
	ж > 80	80 – 67	67 – 42	42 – 33	< 33
МОШ50	ч > 77	77 – 63	63 – 33	33 – 23	< 23
	ж > 76	76 – 61	61 – 31	31 – 21	< 21
МОШ75	м > 72	72 – 55	55 – 41	41 – 27	< 27
	ж > 73	73 – 55	55 – 42	42 – 28	< 28

При інтерпретації отриманих показників важливими є такі аспекти:

1. Пріоритетні показники:

- Життєва ємність легенів (ЖЄЛ).
- Форсована ємність легенів за першу секунду (ФЖЄЛ).
- Об'єм форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1).
- Відношення ОФВ1 до ЖЄЛ (ОФВ1/ЖЄЛ).

2. Критерії норми:

- Значення вважається нормальним, якщо воно перевищує нижню межу норми (LLN) або дорівнює їй, тобто становить ≥ 5 центиля, або SR (SDS) $> -1,645$.
- Результати також можна висловлювати у відсотках від належного значення для віку, статі та зросту (% належного значення).

3. Діапазон норми:

- Для ЖЄЛ, ФЖЄЛ і ОФВ1: $\pm 20\%$ належного значення.
- Для ОФВ1/ЖЄЛ: $\pm 11\%$ належного значення.
- Для МСОШ і МОШ50 діапазон може перевищувати $\pm 60\%$ належного значення.

4. Оцінка ОФВ1/ФЖЄЛ:

- Значення ОФВ1/ФЖЄЛ слід прирівнювати до LLN, оскільки критерій $<0,7$ не враховує змін показника з віком і може призводити до помилкового трактування результатів.

5. Оцінка рестриктивних змін:

- Зменшення ФЖЄЛ або ЖЄЛ без ознак обструкції може свідчити про рестриктивні зміни.
- Для достовірної діагностики рестриктивних порушень рекомендується визначати ЗЄЛ за допомогою плетизмографії.
- Швидке прогресування хвороби вказує на ФЖЄЛ протягом 6-12 місяців.

6. Оцінка динамічної гіперінфляції:

- Зменшення ЖЄЛ або ФЖЄЛ при наявності ознак обструкції може вказувати на динамічну гіперінфляцію легень та слугувати підставою для плетизмографії.

7. Гіперінфляція легень:

- Зменшення Євд вказує на можливу гіперінфляцію легень, особливо при обструктивних змінах.

Цей алгоритм надає конкретні критерії для оцінки спірометричних даних та визначення норми чи порушень у функції зовнішнього дихання, враховуючи вік, стать та зріст пацієнта.

3.3. Система підтримки прийняття рішень для оцінювання системи зовнішнього дихання.

3.3.1. Загальні риси та структура експертних систем.

Необхідність використання автоматизації процесів розробки та впровадження експертних систем (ЕС) була визнана давно. Проте практична реалізація цієї концепції була неоднозначною [23, 24, 25, 26, 27]. Експертні системи представляють собою інтелектуальні порадики, призначені для надання рекомендацій у випадках, коли для таких рекомендацій необхідно велике обсяг знань. Акумулюючи експертизу багатьох фахівців, ЕС дозволяють інженерів, лікарів, економістів, технологів і т.д. працювати на рівні висококваліфікованого

спеціаліста, навіть якщо він має обмежений досвід. Інтелект ЕС вбудований у алгоритми та стратегії логічного виведення, розглянуті вище, що дозволяють отримувати логічно вірні результати при обробці обширних масивів логічних правил. З усіх видів промислових інтелектуальних систем ЕС набули найбільшого поширення. Точного визначення того, що є ЕС, не існує, тому їх називають широким класом систем, які відповідають таким критеріям:

- видача результатів на основі логічних міркувань та евристик, а не строгих обчислень;

- складність і практична важливість вирішуваних завдань;

- здатність набувати знання від експертів;

- можливість пояснення рішень користувачеві;

- дружній інтерфейс для взаємодії з користувачем, близький до природної мови. До основних типів завдань, які розв'язуються за допомогою ЕС, відносяться:

- завдання аналізу, включаючи діагностику та інтерпретацію даних або сигналів;

- завдання безперервного моніторингу та контролю;

- завдання планування та прогнозу;

- завдання проектування об'єктів та процесів із заданими властивостями.

Останнє завдання найбільш близьке до систем автоматизованого проектування (САПР).

Блок інтерфейсу користувача виконує наступні функції в структурі експертної системи (ЕС):

Цей блок забезпечує взаємодію з користувачем за допомогою природної або близької до нього мови. Він відповідає за введення та виведення графічної інформації, формування різних "меню" і вікон на екрані дисплея для зручного діалогу з користувачем. База знань є ще одним блоком в структурі ЕС і виконує наступні функції: Цей блок зберігає знання експертів про предметну область. Форма подання знань може бути різноманітною, але найчастіше використовуються продукційні правила типу "ЯКЩО А, ТО В".

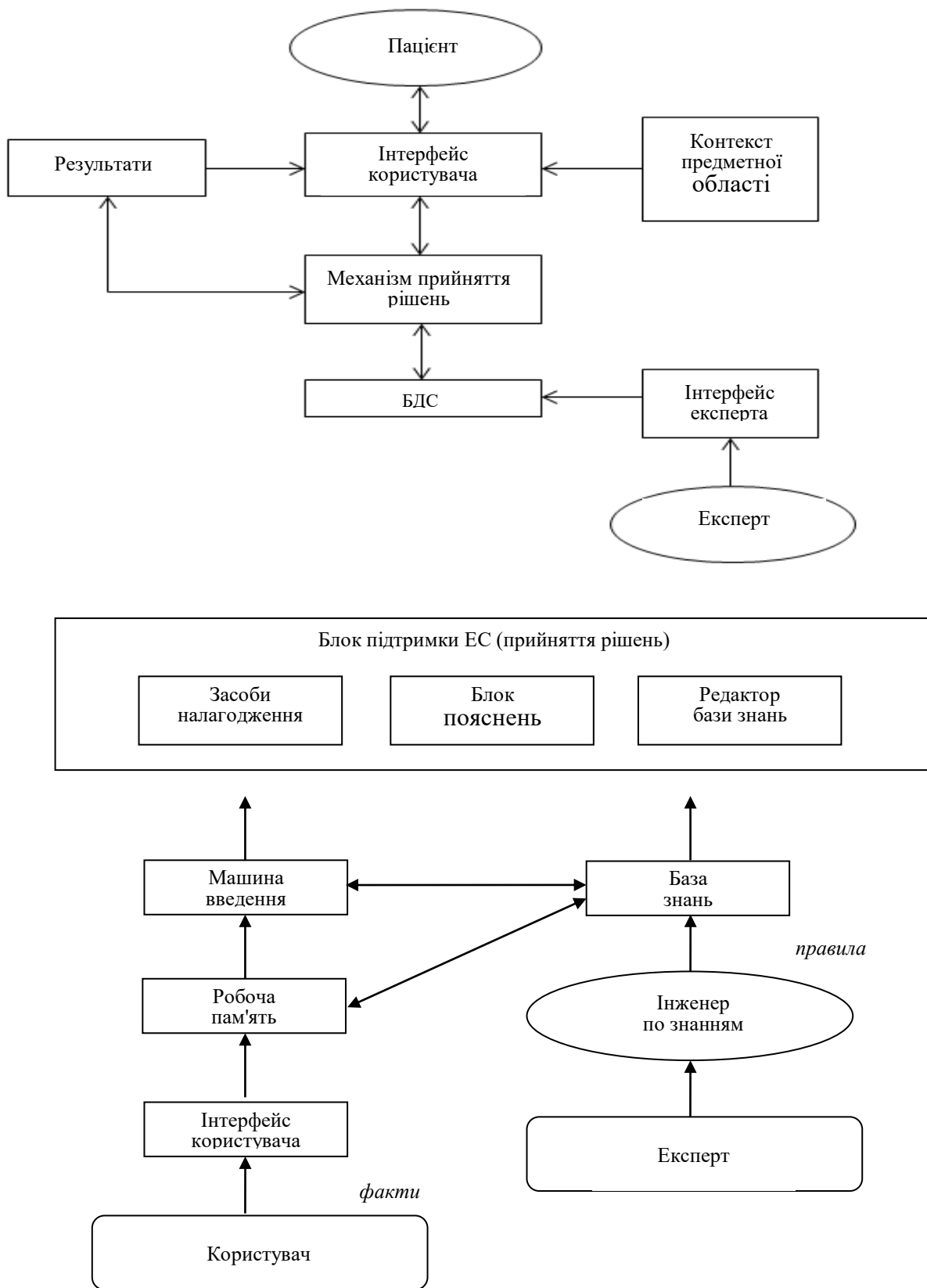


Рисунок 3.6 – Типові стани архітектури ЕС

Робоча пам'ять виконує роль бази даних, утримуючи конкретні відомості, які користувач надає щодо завдань. Це дозволяє "означити" абстрактні зразки А і В у правилах, активуючи тим самим початок роботи машини виведення.

Машина виведення, також відома як блок логічного висновку, інтерпретатор чи рішувач, реалізує концепцію, стратегію та алгоритм пошуку рішення в експертній системі. Ці концепції можуть бути ґрунтовані на деревах станів, І-АБО деревах, методах доказу теорем, стратегіях "прямого" або "зворотного" ходу, алгоритмах пошуку в глибину або ширину та інших.

Блок підтримки ЕС містить ряд підсистем. Підсистема налагоджувальних засобів використовується на етапі розробки та налагодження системи, дозволяючи відстежувати виклики та виконання підпрограм ЕС, а також вирішувати контрольні тестові завдання. Підсистема редагування бази знань використовується на етапі виконання ЕС і дозволяє отримувати знання від експертів, записувати їх у базу знань з відповідною синтаксичною та семантичною перевіркою, виявляти та усувати суперечливі знання.

Дуже важливу роль відіграє підсистема пояснень рішення, що забезпечує психологічну підтримку користувача. У сучасних ЕС ці пояснення поділяються на кілька типів, включаючи трасування ланцюжка правил, вбудовані пояснення та пояснення можливих альтернативних рішень чи причин їх відсутності. Всі ці блоки у типовій архітектурі ЕС практично реалізовані в наведеному нижче програмному продукті.

3.3.2. Засоби обробки інформації.

Завдання, пов'язані з обробкою інформації, мають різноманітні формулювання. Маємо безліч початкових станів S_n , які зазвичай ідентифікуються як факти або дані. Мета полягає в перетворенні S_n у кінцеві стани S_k за допомогою заданого або обраного набору операторів переходу O_p , алгоритмів A та стратегій їх використання C , з дотриманням обмежень на S_n , O_p , A і S_k [23].

Стан характеризується ім'ям та атрибутами, які можуть бути кількісними або якісними параметрами, структурними або семантичними ознаками тощо.

Початкові стани S_n можуть бути обрані довільно, експериментально визначені або встановлені на підставі попередніх міркувань про їх доцільність. Кінцеві стани S_k можуть належати тому ж класу, що й початкові, відрізняючись лише в тому, що вони повинні відповідати певним критеріям або обмеженням

(наприклад, найкоротший шлях, оптимальна структура, максимальна швидкодія процесу або оптимальний маршрут обладнання).

У деяких випадках S_n і S_k можуть належати різним класам, наприклад, S_n може бути вектором причин несправностей, а S_k - вектором вихідних сигналів.

Для ефективності вирішення завдань можуть використовуватися різні класи операторів Оп, такі як оператори варіацій, які не змінюють семантику класу станів S_n , або оператори перетворення понять для побудови ланцюжка станів.

Інші класи операторів включають відповідності типу "один до одного" чи "багато до багатьох".

Також існують функціональні оператори, такі як обчислювальні, які виконують обчислення або функціональні перетворення.

Узагальненою формою реалізації цих операторів є продукційне правило "якщо S_{p_i} , то S_{i+1} " - тобто "якщо стан S_i має властивість "р", то переходимо до стану S_{i+1} ".

3.3.3. Пошукові алгоритми в дереві станів.

Структура, що виникає внаслідок об'єднання множини станів S та операторів переходу Оп, нерідко має форму дерева (див. рисунок 3.7).

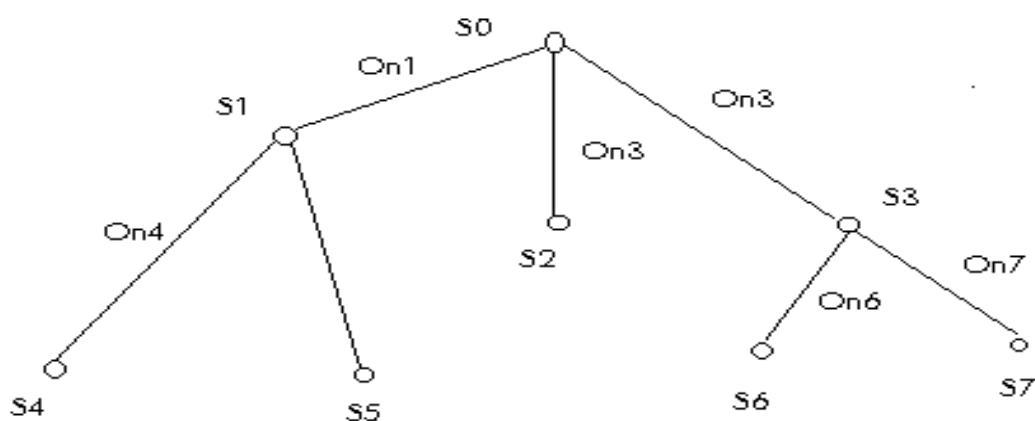


Рисунок 3.7- Дерево всіх можливих станів.

Стани відповідають вершинам дерева, а оператори переходу – його дугам. Початковий стан S_0 розташований у кореневій вершині, а кінцевий S_k – в одній з кінцевих (термінальних) вершин, яку також називають цільовою (їх може бути кілька). Перехід від однієї вершини S_i до іншої S_{i+1} відповідає породженню стану

S_{i+1} із S_i за допомогою оператора переходу. Оскільки до того самого стану можна застосувати кілька різних операторів, то одній (батьківській) вершині може відповідати кілька дочірніх. Процес породження дочірніх вершин називається розкриттям батьківської вершини.

Коренева вершина S_0 має ранг 0, а її дочірні вершини S_1, S_2, S_3 мають ранг 1 і так далі. Вершини одного рангу утворюють ярус і іноді називаються братами. Дерево, що виникає, називається деревом станів чи деревом пошуку. У термінах дерева станів завдання обробки знань полягає в пошуку шляху (ланцюжка вершин і дуг), що з'єднує кореневу вершину дерева з однією з термінальних, тобто тією, що відповідає заданим критеріям або обмеженням. Наявність декількох можливих шляхів від кореневої вершини до термінальних є допустимою.

Для пошуку шляху між кореневою та потрібною термінальною вершиною можна використовувати різні алгоритми. Два найпростіші - це алгоритми пошуку в глибину та в ширину.

Алгоритм пошуку в глибину (зображений на рисунку 3.8) відповідає пошуку спочатку вниз - у глибину.

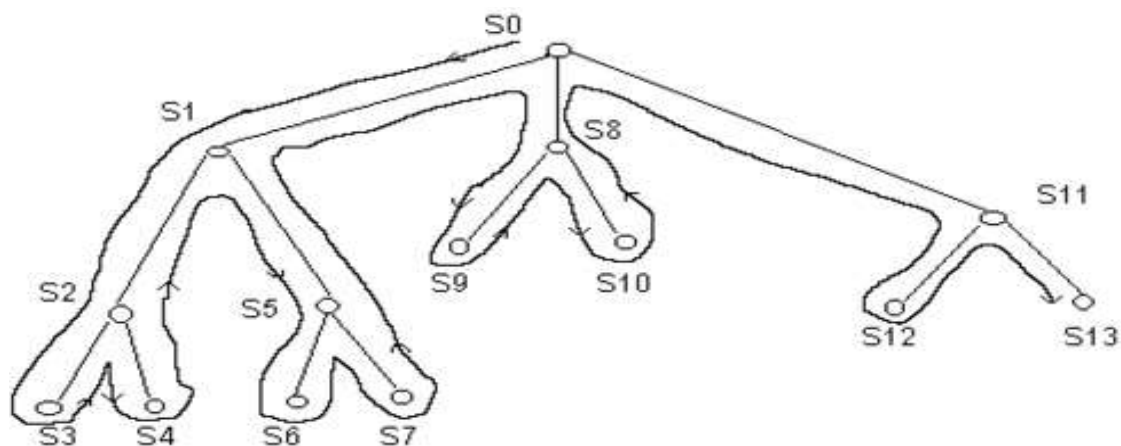


Рисунок 3.8 – Алгоритм, що застосовується для пошуку у глибину.

У випадку невдачі в будь-якій вершині відбувається пошук в сусідній вершині праворуч (тобто на тому ж самому ярусі). Цей процес називається "backtracking". Наприклад, якщо пошук в вершині S_3 не вдається, то відбувається пошук в вершині S_4 (шляхом повернення в S_2 , а потім переходу в S_4). Якщо і тут невдача, пошук переходить до вершини S_5 (шляхом повернення в S_2 , потім в S_1 і переходу в S_5). Цей зворотно-поступальний механізм пошуку в літературі

відомий як "backtracking". Пошук завершується, якщо досягнута термінальна вершина, яка є цільовою.

Алгоритм пошуку в ширину (зображений на рисунку 3.9) полягає в тому, що спочатку відбувається пошук ліворуч у всіх дочірніх вершинах - братах першого ярусу, а потім переходиться до дочірніх вершин наступного ярусу.

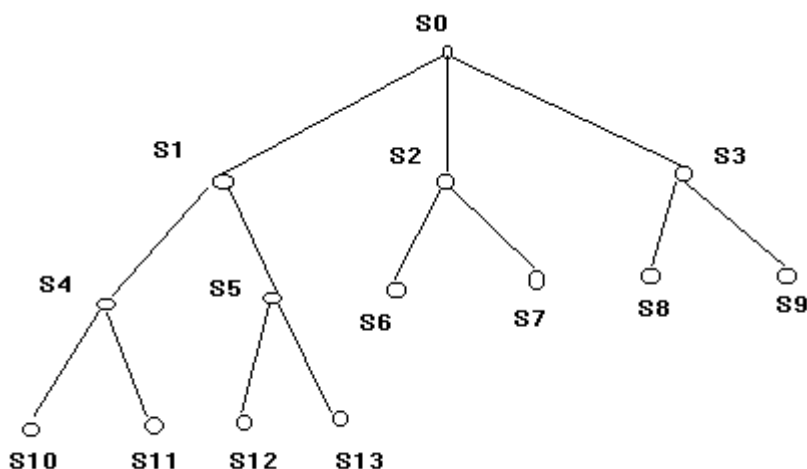


Рисунок 3.9 - алгоритм для пошуку в ширину.

Порядок перегляду станів зазначено на рисунку. Якщо пошук виявився невдалим в будь-якій вершині попереднього рівня, то немає сенсу розглядати її дочірні вершини. Наприклад, якщо пошук в S1 не вдається, то вершини S4 та S5 повинні бути виключені, і при невдачі в S2, виключаються вершини S6 та S7.

Зрозуміло, що під час пошуку в ширину остаточне рішення, тобто всі можливі шляхи від кореневої вершини до термінальних цільових, визначаються лише після перегляду всіх рівнів дерева. Це вимагає великого обсягу пам'яті для зберігання інформації про всі стани.

У відміну від цього, пошук в глибину дозволяє зупинитися на першому успішному рішенні і вимагає менше пам'яті, оскільки зберігає лише попередні стани. Однак для знаходження всіх можливих рішень пошук в глибину може зводитися до повного перебору, що витрачає час.

Розділ 3.3.4 висвітлює особливості реалізації експертних систем з урахуванням мови таблиць рішень. Продукційні моделі, що базуються на правилах у вигляді (ситуація \rightarrow дія), знаходять широке застосування. Такі

правила можуть бути інтерпретовані як (стан \rightarrow прийняте рішення) або (посилання \rightarrow висновок) в залежності від завдань системи штучного інтелекту.

Інтерпретація у вигляді (посилання \rightarrow висновок) особлива для систем дедуктивного виведення. Продукційні моделі мають переваги в універсальності, однорідності та природній модульності уявлення знань. Реалізація таких моделей, зокрема у системах прийняття рішень, може включати в себе використання мови таблиць рішень для представлення знань.

Такий підхід дозволяє автоматизувати процеси перевірки коректності, оптимізації та трансляції таблиць рішень у програми. Мова таблиць рішень є зручною для машинної реалізації та знаходить застосування у різних областях, таких як автоматизація проектування, імітаційне моделювання та розробка систем автоматичного контролю.

База знань в експертних системах, реалізована з використанням мови таблиць рішень з обмеженим входом, стає зручною для машинної реалізації. Ця мова дозволяє задавати відповідність між станами проблемного середовища та прийнятими рішеннями у формі послідовностей. Таким чином, мова таблиць рішень визначає безліч рішень у вигляді (стан \rightarrow прийняте рішення), використовуючи ієрархічно взаємопов'язані таблиці.

Таблиця 3.4- Загальний вигляд рішень

Умови, dii	Правила рішень				Правило E-«інакше»
	R ₁	R ₂	R _n	
C ₁	c ₁₁	c ₁₂	C= c _{ij}	c _{1n}	
C ₂	c ₂₁	c ₂₂		c _{2n}	
...	
C _m	c _{m1}	c _{m2}		c _{mn}	
A ₁	a ₁₁	a ₂₁	A= a _{ij}	a _{1n}	a _{1 n+1}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂		a _{2n}	a _{2 n+1}
...
A _k	a _{k1}	a _{k2}		a _{kn}	a _{k n+1}

Якщо загалом TP (див. табл.) буде задаватися набором

$$T = \langle C, A, \tilde{C}, \tilde{A} \rangle,$$

де $C = \{C_i\}, i = \overline{1, m}$ - певна множина деяких умов або ідентифікаторів умов, що можуть розглядатися як деякі координати векторних сукупностей даних, які представляють (елементарні) стани при проблемному середовищі; $A = \{A_r\}, r = \overline{1, k}$ - множина цих дій або їхніх ідентифікаторів, що розглядаються при певних координатах деяких сукупностей векторів, що в свою чергу представляють елементарні рішення.

Множиною станів S буде називатися множина, яка складається з набору векторів даних $s_q = (C_i^q), i = \overline{1, m}$, де $C_i^q \in \hat{C}_i$ - множина значень певних умов C_i .

$$q \in \left\{ 1, 2, \dots, \prod_{i=1}^m |\hat{C}_i| \right\}.$$

Якщо серед цих умов C_i будуть допустимі деякі багатозначні, тоді будемо мати TP з деяким розширеним входом, якщо двозначні - TP з обмеженим входом.

Для TP з обмеженим входом можемо припустити $\hat{C}_i = \{0, 1\}; C_i^q = 1$ - що означає, умову C_i яка виконується в стані S_q , а $C_i^q = 0$ - не виконується.

Матриці

$$\tilde{C} = \|c_{ij}\|, i = \overline{1, n}, \tilde{A} = \|a_{rj}\|, r = \overline{1, k}, j = \overline{1, n+1},$$

де $c_{ij} \in \{\lambda \cup \hat{C}_i\}, a_{rj} \in \{0, 1, \dots, k\}$, будуть встановлювати взаємозв'язок станів та конкретних дій. Зазвичай ці елементи $c_{ij} = \lambda$ і $a_{rj} = 0$ будуть передбачатися «за умовчанням» і записуватися в TP .

Пара $R_j = \langle \tilde{C}_j, \tilde{A}_j \rangle, j = \overline{1, n}$, де \tilde{C}_j, \tilde{A}_j - вектор - стовпці матриць \tilde{C} і \tilde{A} відповідно, також називаються правилом рішень (**правилом R_j**), а пара $E = \langle -, \tilde{A}_{n+1} \rangle$, де символ "-" це означає, що перший елемент пари буде не визначений, називається правилом "інакше" (**правилом E**). **Правило E** також

може бути відсутнім у TP . Значення деяких елементів матриць і будуть мати наступний сенс:

$$c_{ij} = \begin{cases} c \in \hat{C}_i, & \text{якщо значення умови } C_i \text{ для правила } R_j \in C; \\ \lambda, & \text{якщо умова } C_i \text{ несуттєво для правила } R_j; \end{cases}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} a \in \{1, 2, \dots, k\}, & \text{якщо дія } A_r \text{ виконується для правила } R_j \text{ або правила } E \text{ і якщо} \\ j=n+1 \text{ і має пріоритет чи порядок виконання } a; \\ 0, & \text{якщо дія } A_r \text{ не виконується для правила } R_j \text{ або правила } E, \text{ якщо } j=n+1 \end{cases}$$

Будь-яку таблицю рішень з розширеним входом можна перетворити у еквівалентну таблицю рішень з обмеженим входом, і навпаки. Хоча опис процесу прийняття рішень за допомогою таблиць рішень з розширеним входом зазвичай є більш компактним, реалізація табличної мови на основі таблиць рішень з обмеженим входом є простішою. Тому ми будемо розглядати лише таблиці рішень з обмеженим входом.

Продукційна система - це спосіб представлення знань у вигляді:

1. Невпорядкованого набору продукційних правил,
2. Робочої пам'яті,
3. Механізму логічного виведення типу "розпізнавання-дія".

Продукційні правила часто називають продукціями. Продукція представляє собою пару типу "умова-дія", "ситуація-дія", "причина-наслідок", "умова-висновок" і т. д., визначаючи одну порцію знань, необхідних для вирішення завдання. Умовна частина правила містить умови, при яких виконується інша частина правила - частина дії.

Узагальнений запис продукційного правила виглядає наступним чином:

$$R_{nj} : (Pr, Bc, A \Rightarrow B, Ac)$$

де R_{nj} - ідентифікатор j -продукції в n -наборі продукцій; Pr - пріоритет та правила продукції; Bc - передумова для застосування ядра продукції, яка є знаком, при виконанні якого загалом активізується ядро продукції; $A \Rightarrow B$ -

ядро продукції; A_c – дії та певної процедури, повинні виконуватися після виконання ядра продукції.

Ядро продукції може бути детермінованим або недетермінованим, в залежності від того, чи воно формулюється як "Якщо А, то В" (детерміноване), чи як "Якщо В, то, можливо, А" (недетерміноване). У випадках недетермінованих ядер правила, друга частина може виконуватися з певною ймовірністю, яку можна вказати. Таке правило буде звучати як "Якщо Р, то з ймовірністю А реалізувати В". Детерміновані продукції можуть бути однозначними або альтернативними.

В другому випадку, в правій частині ядра вказуються альтернативні можливості вибору, оцінювані спеціальними вагами, такими як ймовірнісні, лінгвістичні, експертні оцінки і т. д. Наприклад: "Якщо А, то найчастіше реалізується В, а рідше – Р".

У системах на основі продукційних правил їх кількість визначає розмір бази знань. Для уникнення надмірної складності необхідно:

Використовувати мінімально достатні умови для визначення продукційного правила.

Уникати суперечливих продукційних правил.

Конструювати правила, враховуючи структуру предметної області.

Робоча пам'ять містить опис поточного стану об'єкта, який порівнюється з умовами продукційних правил для вибору відповідних дій. Якщо умова деякого правила відповідає вмісту робочої пам'яті, виконується дія, пов'язана з цією умовою. Дії продукційних правил спрямовані на зміну вмісту робочої пам'яті.

Механізм "розпізнавання - дія" (пошук за зразком) полягає в тому, що поточний стан предметної області відображений в робочій пам'яті як сукупність образів, кожен з яких представляється фактами. Факти порівнюються з умовами продукцій та вибираються відповідні правила. Якщо факти співпадають з умовами більше, ніж одного правила, то ці правила утворюють конфліктну множину. Залежно від обраного механізму вирішення конфлікту обирається одне правило для активації.

Активація правила означає виконання його дії, що призводить до зміни вмісту робочої пам'яті, і процес повторюється. Процес завершується, коли вміст робочої пам'яті не відповідає жодній умові продукційних правил.

Отже, процес логічного висновку, що базується на пошуку за зразком, включає чотири кроки:

1. **Вибір образу:** Вибір образу з робочої пам'яті, який служить основою для подальших логічних висновків.
2. **Співставлення образу з умовами продукцій та формування конфліктної множини правил:** Порівняння обраного образу з умовами продукцій, що призводить до формування конфліктної множини правил. Ці правила конфліктують, оскільки можуть мати спільні умови.
3. **Вирішення конфлікту:** Вибір одного правила з конфліктної множини для подальшого виконання. Механізм вирішення конфлікту може включати стратегії вибору правила залежно від обраного критерію.
4. **Виконання правила:** Виконання обраного правила, що призводить до зміни стану робочої пам'яті та подальших ітерацій процесу.

Засоби представлення знань в продукційних системах забезпечуються продукційними правилами. Продукційні правила складаються з двох частин:

1. **Умовна частина (умови):** Визначає умови, за яких дане правило може бути виконано.
2. **Дійова частина (дії):** Визначає дії, які слід виконати, якщо умовна частина відповідає поточному стану системи.

Такий підхід дозволяє системі приймати рішення на основі знань і логічних висновків, представлених у вигляді продукційних правил.

- антецеденту (**ЯКЩО** . . . **І** . . . **АБО** . . .);
- консеквенту (**ТО** . . .).

Приклад продукції:

ЯКЩО <логічна конструкція буде мати вид (*) > **ТО** <ми будемо мати продукцію (правило, продукційне правило) >

В продукційних системах використовуються два основні механізми логічного висновку: прямий і зворотній - від даних до цілі та навпаки.

1. Прямий механізм:

- Рухається від відомих фактів до факту-цілі.

- На кожному кроці використовуються всі допустимі правила, які породжують нові факти.
- Процес продовжується, поки не досягнемо факту-цілі.

2. Зворотній механізм:

- Висновок відбувається у зворотньому напрямку.
- Якщо ціль узгоджується з висновком правила, то умова правила приймається за підціль або гіпотезу.
- Процес повторюється до отримання співпадання підцілі з відомими фактами.

Найбільш вдалим є використання комбінованого варіанту логічного висновку, який поєднує обидва механізми. У роботі з неповними (неточними) даними система повинна вміти робити припущення, використовуючи значення за умовчанням або інші методи.

Продукційні системи є прозорими для користувача і легко піддаються модифікації.

Таблиці рішень: Таблиця рішень складається з двох частин: умов і дій, співвіднесених із набором об'єктів. Кожна умова чи дія позначається символом "1" або "0" відповідно до наявності чи відсутності об'єкта.

Перевага таблиць рішень полягає в їхній універсальності та можливості нарощування до нескінченності.

Фрейми: Фрейм представляє ієрархічну структуру об'єктів. Кожен фрейм відповідає об'єкту предметної області і містить дані в слотах. Слоти можуть об'єднуватися в дерева, а між фреймами можуть існувати зв'язки через слоти. Ці методи дозволяють впоратися зі складними ієрархічними структурами та надають системі можливість логічного висновку та обробки інформації.

Приклад для опису структури фрейму:

FRAME (<тип фрейму>) = <ім'я фрейму>

PARENT: <ім'я фрейма-предка>

OWNER: <ім'я фрейма-власника>

<ім'я слота 1> (<тип слота>) [<питання слота?>]: (<значення 1>; <значення 2>; ... ; <значення k>)

<ім'я слота 2> (<тип слота>) [<питання слота>?]: (<значення 1>; <значення 2>; ... ; <значення k>) .

<ім'я слота n> (<тип слота>) [<питання слота>?]: (<значення 1>; <значення 2>; ... ; <значення m>)

ENDF

Імена фрейму, фрейма-предка, фрейма-власника, слота: Імена фрейму, фрейма-предка, фрейма-власника та слота визначаються як послідовність символів (російські чи латинські букви, цифри, пробіли, знаки підкреслення).

Тип слота: Тип слота може бути символічним, чисельним або лінгвістичним. Опис типу слота визначає тип можливих значень слота.

Питання слота: Питання слота - будь-яка послідовність символів. Його наявність не є обов'язковою. У випадку відсутності питання слота, система, при необхідності, може запитати користувача про значення слота за допомогою формулювань типу "Виберіть значення" чи "Введіть значення".

Значення слота: Значення слота - будь-яка послідовність символів, розділених крапками з комами. У фреймі-екземплярі може бути тільки одне значення для кожного слота.

Фрейми та їх використання:

- Фрейми можуть поєднуватися в дерева за допомогою спеціальних слотів.
- Між фреймами можуть існувати зв'язки через звичайні слоти, де значенням слота є ім'я іншого фрейму.
- Якщо значення слотів у фреймі не визначено, такі фрейми називають прототипами, в іншому випадку - екземплярами.

Обґрунтування медичної експертної системи: Медична експертна система може використовувати матрицю симптомів пацієнта та еталонну матрицю захворювань. У цих матрицях зберігається масив вагових коефіцієнтів, що визначає частоту наявності симптомів у конкретних захворюваннях. Медична експертна система здійснює порівняння та аналіз цих даних для визначення можливого захворювання пацієнта.

Так, є n хворих у підконтрольній групі, у яких було встановлено m певних діагнозів. Серед n хворих p_i мають такий діагноз i , тобто:

p_1 - мають діагноз 1;

p_2 - мають діагноз 2;

p_m - мають діагноз m ,

причому в тому числі деякі хворі певним чином можуть з деякою певною ймовірністю мати як діагноз p_i , так і діагноз p_j , і таким чином, тут має місце наступна нерівність:

$$p_1 + \dots + p_i + \dots + p_m \geq n.$$

Розглянемо деякий діагноз D . За отриманими результатами обстеження в p_D хворих є наявний симптоми: $l_1 \dots l_s$ – набір диференціально-діагностичних ознак (симптомів) хвороби D , тобто. В такому випадку утворюється вектор симптомів:

$$p_D(l_1, l_2 \dots l_s).$$

Частота повторюваності визначається емпірично як за вибіркою пацієнтів так і за допомогою конкретного підрахунку народження кожного з симптомів:

$$f = \frac{N_+}{N_+ + N_-} \times 100\%,$$

де N_+ - пацієнти з можливістю вибірки з наявністю даного симптому, N_- - пацієнти, для яких даний симптом буде відсутній.

Розрахуємо частоту повторюваності f_{Di} , наприклад, ознаки l_i , $i = \overline{1, s}$, що буде визначатися емпірично шляхом вибору з пацієнтів та деякого підрахунку появи кожного з симптомів.

При застосуванні математичного підходу для прийняття рішень ваговий коефіцієнт k_i i -го симптому буде розраховуватися з наступного виразу:

$$k_i = \frac{f_i}{\sum f_j} \cdot 100\%,$$

де f_i – частота повторюваності i -го симптому, який відповідає даному ваговому коефіцієнту.

Так, для взятої підконтрольної групи p_D хворих з певним діагнозом D буде розрахований ваговий коефіцієнт k_{Di} який буде виходити з наступного виразу за формулою:

$$k_{Di} = \frac{f_{Di}}{\sum f_{Dj}} \cdot 100\%,$$

де – частота повторюваності i -го симптому діагнозу D , буде відповідати певному ваговому коефіцієнту.

Далі для визначення попереднього діагнозу розраховується *діагностичний індекс D* за формулою:

$$D = \sum k_i p_i,$$

де

$$p_i = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{якщо значення } i\text{-х комірок матриці } \mathbf{X} \text{ і матриці } \mathbf{S} \text{ не рівні;} \\ \mathbf{1}, & \text{якщо значення } i\text{-х комірок матриці } \mathbf{X} \text{ і матриці } \mathbf{S} \text{ співпадають.} \end{cases}$$

Діагностичний індекс конкретно дозволяє знайти ймовірність наявності того чи іншого конкретного захворювання у процентному співвідношенні.

Далі будується *еталонний вектор патології* який має для хвороби D певного логічного типу. Комірка для вектора буде мати значення *true*, якщо дане захворювання відрізняється даним симптомом, і значення *false* інакше.

На основі цього можна скласти таблицю, в яку будуть входити еталонні вектори хвороби D , частота зустрічі та її значний коефіцієнт кожного симптому.

Таким чином, для будь-якого діагнозу D однозначно буде відповідати певний набір симптомів - *ознак*, що таким чином можна буде представити у вигляді вектора відповідності B_D , де "1" і "0" ставиться у відповідність "+" і "-":

$$B_D = B_D(\delta_{D1}, \delta_{D2}, \dots, \delta_{Dk+t}),$$

де

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо дане захворювання має симптом } ll; \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

Відповідаючи на поставлене запитання щодо відсутності або наявності симптому для хворого, лікар формує *вектор відповідності хворого j*

$$j = j(\delta_{j1}, \delta_{j2}, \dots, \delta_{jk+t}),$$

де

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо дане захворювання має симптом } ll; \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

Таким чином, можна стверджувати що для кожного пацієнта розраховується певна ймовірність наявності того чи іншого захворювання у процентному співвідношенні.

Таблиця 3.5 - Еталонні та відповіді так/ні, зумовлює частоту народження та значумі коефіцієнти диференціально-діагностичних ознак

Признаки		Паталогії		
		Хвороба D		
Група l	Підгрупа	Еталонні відповіді	Частота зустрічі $f_D, \%$	Ваговий коефіцієнт $k_{Di}, \%$
<i>Група 1</i>	Ознака $l1$	+	f_{D1}	k_{D1}
	Ознака $l2$	-	0	0
	Ознака $l3$	+	f_{D3}	k_{D3}
<i>Група 2</i>	Ознака $l4$	+	f_{D4}	k_{D4}
	Ознака $l5$	-	0	0
	Ознака $l6$	+	f_{D6}	k_{D6}
...
<i>Група k</i>	Ознака $lk+t$	-	0	0

Розглянуті вище підходи до медичної експертної системи при проектуванні потребують спеціалізованого програмного забезпечення для нормальної реалізації фреймових структур та в основному для формування продукційних правил при прийнятті конкретних рішень при симптоматиці певних захворювань, що потребують також спеціалізованих ЕОМ з ППП.

Тому в МКР для такої реалізації системи прийняття та підтримки рішень запропонована спрощена методологія для формування продукційних правил за прийнятими наявними ознаками - симптоматикою для певного конкретного захворювання та діагностики дихання людини за допомогою зовнішньої системи.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання науково-дослідної роботи завжди передбачає отримання певних результатів і вимагає відповідних витрат. Результати виконаної роботи завжди дають нам нові знання, які в подальшому можуть бути використані для удосконалення та/або розробки (побудови) нових, більш продуктивних зразків техніки, процесів та програмного забезпечення.

Дослідження на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» може бути віднесено до фундаментальних і пошукових наукових досліджень і спрямоване на вирішення наукових проблем, пов'язаних з практичним застосуванням. Основою таких досліджень є науковий ефект, який виражається в отриманні наукових результатів, які збільшують обсяг знань про природу, техніку та суспільство, які розвивають теоретичну базу в тому чи іншому науковому напрямку, що дозволяє виявити нові закономірності, які можуть використовуватися на практиці.

Для цього випадку виконаємо такі етапи робіт:

- 1) здійснимо проведення наукового аудиту досліджень, тобто встановлення їх наукового рівня та значимості;
- 2) проведемо планування витрат на проведення наукових досліджень;
- 3) здійснимо розрахунок рівня важливості наукового дослідження та перспективності, визначимо ефективність наукових досліджень.

4.1 Оцінювання наукового ефекту

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведені в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи виставлені експертами

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення ступеня новизни, бали		
		Експерти (ПІБ, посада)		
		1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в даній галузі науки і техніки. Отримані принципово нові факти, закономірності; розроблена нова теорія. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	0	0	0
Нова	Отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	48	50	52
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі відомі положення розповсюджені на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблені більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведена часткова раціональна модифікація (з ознаками новизни)	0	0	0
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджені або поставлені під сумнів відомі факти та твердження, які потребують	0	0	0

	перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг в порівнянні з існуючим			
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі, та не був відомий авторам	0	0	0
Середнє значення балів експертів		50,0		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів ступінь новизни характеризується як нова, тобто отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних знань (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту) та проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів.

Таблиця 4.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи виставлені експертами

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали		
	Експерт (ПШБ, посада)		
	1	2	3
Відкриття закону, розробка теорії	0	0	0
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	63	62	63
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	0	0	0
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	0	0	0
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	0	0	0
Середнє значення балів експертів	62,7		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів рівень теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи характеризується як глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу.

Показник, який характеризує рівень наукового ефекту, визначаємо за формулою [8]:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (4.1)$$

де $k_{\text{нов}}$, $k_{\text{теор}}$ - показники ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, $k_{\text{нов}} = 50,0$, $k_{\text{теор}} = 62,7$ балів;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 50,0 + 0,4 \cdot 62,67 = 55,07 \text{ балів.}$$

Визначення характеристики показника $E_{\text{нау}}$ проводиться на основі висновків експертів виходячи з граничних значень, які наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Відповідно до визначеного рівня наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах», даний рівень становить 55,07 балів і відповідає статусу - середній рівень. Тобто у даному випадку можна вести мову про потенційну фактичну ефективність науково-дослідної роботи.

4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.2.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [8]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=22$ дні.

$$Z_o = 12000,00 \cdot 22 / 22 = 12000,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.4 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник науково-дослідної роботи	12000,00	545,45	22	12000,00
Інженер-дослідник	10000,00	454,55	18	8181,82
Консультант (лікар-терапевт вищої категорії)	11500,00	522,73	5	2613,64
Старший науковий співробітник у сфері розробок біомедичної апаратури	11800,00	536,36	22	11800,00
Консультант (лікар-пульмонолог вищої категорії)	11500,00	522,73	7	3659,09
Лаборант	6850,00	311,36	22	6850,00
Всього				45104,55

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.4)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=6700,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [8];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 22$ дн;

t_{zm} – тривалість зміни, год.

$$C_l = 6700,00 \cdot 1,10 \cdot 1,35 / (22 \cdot 8) = 56,53 \text{ грн.}$$

$$Z_{pl} = 56,53 \cdot 7,00 = 395,72 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Підготовка робочого місяця старшого наукового співробітника у сфері розробок біомедичної апаратури	7,00	2	1,10	56,53	395,72
Підготовка робочого місяця інженера-дослідника	6,25	3	1,35	69,38	433,62
Формування бази інформаційно-статистичних даних	21,00	2	1,10	56,53	1187,16
Встановлення програмного забезпечення системи аналізу	5,60	4	1,50	77,09	431,69
Формування бази результатів аналізу досліджень	15,00	2	1,10	56,53	847,97
Підтримка умов праці	60,00	1	1,00	51,39	3083,52
Всього					6379,68

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (4.5)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$Z_{\text{дод}} = (45104,55 + 6379,68) \cdot 10 / 100\% = 5148,42 \text{ грн.}$$

4.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (4.6)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (45104,55 + 6379,68 + 5148,42) \cdot 22 / 100\% = 12459,18 \text{ грн.}$$

4.2.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах».

Витрати на матеріали на даному етапі проведення досліджень в основному пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальних математичних моделей або програмного забезпечення, тому дані витрати формуються на основі витратних матеріалів характерних для офісних робіт.

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{вж}}, \quad (4.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,0 \cdot 205,00 \cdot 1,1 - 0 \cdot 0 = 676,50 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір канцелярський офісний (A4)	205,00	3,0	0	0	676,50
Папір для заміток (A5)/70	75,00	4,0	0	0	330,00
Начиння канцелярське	201,00	4,0	0	0	884,40
Органайзер офісний	220,00	4,0	0	0	968,00
Картридж для принтера	2420,00	1,0	0	0	2662,00
Диск оптичний CD/RW	18,50	3,0	0	0	61,05
FLASH-пам'ять 64GB	256,00	1,0	0	0	281,60
Тека для паперів	75,00	5,0	0	0	412,50
Всього					6276,05

4.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» відсутні.

4.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення. Витрати за даною статтею відсутні.

4.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних

засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{инрг}} \cdot C_{\text{прог.і}} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де $C_{\text{инрг}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.і}}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 10250,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 11275,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Система розробки та прийняття рішень Analytica	1	10250,00	11275,00
Всього			11275,00

4.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{б}}}{T_{\text{в}} \cdot 12} \cdot t_{\text{вик}}, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{б}}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{\text{вик}}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

T_e – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (5691,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 158,08 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
ОС Windows 11	5691,00	3	1	158,08
Прикладний пакет Microsoft Office 2019	5491,50	3	1	152,54
Система розробки та прийняття рішень Analytica	11275,00	3	1	313,19
Робоче місце наукового співробітника	9650,00	5	1	160,83
Робоче місце інженера дослідника	9380,00	5	1	156,33
Електронно-обчислювальна система обробки даних (ПК Syrgyus 15205-U205)	53699,00	3	1	1491,64
Оргтехніка	6500,00	4	1	135,42
Приміщення лабораторії досліджень	240000,00	25	1	800,00
Всього				3368,04

4.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{vni}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 7,50$ грн;

K_{vni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{vni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,12 \cdot 180,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 162,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.11 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Робоче місце наукового співробітника	0,12	180,0	162,00
Робоче місце інженера дослідника	0,12	180,0	162,00
Електронно-обчислювальна система обробки даних (ПК Syguys 15205-U205)	0,10	180,0	135,00
Оргтехніка	0,45	7,5	25,31
Всього			484,31

4.2.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.13)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cv} = 25\%$.

$$B_{cv} = (45104,55 + 6379,68) \cdot 25 / 100\% = 12871,06 \text{ грн.}$$

4.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 30\%$.

$$B_{cn} = (45104,55 + 6379,68) \cdot 30 / 100\% = 15445,27 \text{ грн.}$$

4.2.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{ив}}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де $H_{\text{ив}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{\text{ив}} = 50\%$.

$$I_{\text{в}} = (45104,55 + 6379,68) \cdot 50 / 100\% = 25742,11 \text{ грн.}$$

4.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{\text{нзв}}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{\text{нзв}} = 100\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (45104,55 + 6379,68) \cdot 100 / 100\% = 51484,23 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{н}} + M + K_{\text{в}} + B_{\text{снец}} + B_{\text{прз}} + A_{\text{обл}} + B_e + B_{\text{св}} + B_{\text{cn}} + I_{\text{в}} + B_{\text{нзв}}. \quad (4.17)$$

$$B_{заг} = 45104,55 + 6379,68 + 5148,42 + 12459,18 + 6276,05 + 0,00 + 0,00 + 11275,00 + 3368,04 + 484,31 + 12871,06 + 15445,27 + 25742,11 + 51484,23 = 196037,90 \text{ грн.}$$

Загальні витрати $ЗВ$ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,95$.

$$ЗВ = 196037,90 / 0,95 = 206355,68 \text{ грн.}$$

4.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Оцінювання та доведення ефективності виконання науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру є достатньо складним процесом і часто базується на експертних оцінках, тому має вірогідний характер.

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t}, \quad (4.19)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи. Приймемо $I = 3$;

n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли

результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок. Прийmemo $n=2$;

T_C – коефіцієнт складності роботи. Прийmemo $T_C = 2$;

R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$. Прийmemo $R = 4$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн. Прийmemo $B = 206355,68$ грн;

t – час проведення дослідження. Прийmemo $t = 0,08$ років, (1 міс.).

Визначення показників I , n , T_C , R , B , t здійснюється експертним шляхом або на основі нормативів [8].

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t} = \frac{3^2 \cdot 2 \cdot 4}{206,4 \cdot 0,08} = 4,19.$$

Якщо $K_p > 1$, то науково-дослідну роботу на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» можна вважати ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

4.4 Висновок до розділу

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» складають 206355,68 грн. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Функціонування дихальної системи в екстремальних умовах» є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$, що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

На початковому етапі розвитку охорони праці та забезпечення здоров'я працівників безпекові заходи проводилися безпосередньо на рівні виробництва. Однак з появою нових науково-технічних досягнень цей підхід став недостатнім для вирішення вимог сучасної техносфери. Виникла потреба в глибокому дослідженні біологічних, фізичних і хімічних аспектів негативного та небезпечного впливу факторів, у прогнозуванні їх виникнення та вчасному впровадженні заходів безпеки на етапі проектування, конструювання і експлуатації виробів. В сучасний період часу проблеми охорони праці вирішуються на національному рівні, в рамках держави. Основний акцент робиться на усуненні шкідливого впливу технологічних процесів на здоров'я людини шляхом поліпшення умов праці на виробництві.

Предметом дослідження є система підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання. На розробника, відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

У відповідності до визначених факторів розробляємо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи, а також з гігієни праці та виробничої санітарії.

5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Важливе значення для ефективного виконання роботи має оптимальне розташування всіх компонентів робочого місця та врахування антропометричних, фізичних і психологічних вимог. Крім того, характер роботи також впливає на організацію простору для створення робочого місця. При плануванні облаштування робочого місця необхідно враховувати такі ключові аспекти: оптимальне розташування обладнання, яке входить до складу робочого місця, та наявність достатнього робочого простору, що дозволяє виконувати всі необхідні рухи і переміщення.

Площа приміщення, де здійснювалася розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання, становить 35,64 м², а висота стелі складає 3,2 метра. В цьому приміщенні розміщено 4 робочих місця з комп'ютерами. Площа приміщення, що припадає на кожного працівника, становить 6,2 м², а об'єм повітря в робочій зоні – 19,8 м³. Знайдені значення відповідають встановленим вимогам, оскільки площа одного робочого місця для працівника, що використовує комп'ютер, не повинна бути меншою за 6 м², а об'єм – не менший за 20 м³, відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18. Кожне робоче місце обладнане робочим столом площею 1,3 м², стільцем і персональним комп'ютером, який включає в себе монітор, системний блок, клавіатуру та мишу.

При організації робочого місця користувача ПК важливо враховувати наступні аспекти:

1. Забезпечення комфортної робочої позиції для користувача, включаючи правильне розташування монітора на очному рівні, оптимальний кут нахилу клавіатури та мишки, і правильну висоту столу.

2. Забезпечення достатнього простору для розміщення користувача та його обладнання, включаючи робочий стіл, на якому можуть бути розміщені всі необхідні пристрої та аксесуари.

3. Використання оптимального робочого крісла з необхідними характеристиками, такими як регульована висота, підлокітники та підголовник для забезпечення зручності та підтримки правильної позиції тіла.

4. Розташування елементів робочого місця, таким чином, щоб користувач міг легко оглядати монітор, клавіатуру, мишку та інші пристрої, забезпечуючи зручний доступ до них.

5. Наявність можливості регулювання елементів робочого місця для відповідності індивідуальним потребам користувача, зокрема, можливість налаштування висоти столу та кута нахилу монітора.

6. Зручне розміщення документації та матеріалів, які використовуються користувачем, забезпечення їх легкого доступу та організацію зон для зберігання, щоб зменшити розгубленість та втрату часу на пошук необхідних документів.

Додатково варто звернути увагу на такі аспекти:

– забезпечення належного вентиляційного режиму, щоб уникнути перегріву приміщення та забезпечити свіжий повітря для сприяння концентрації та ефективності роботи.

– застосування елементів декору та кольорів, що сприяють створенню сприятливого робочого середовища та психологічного комфорту.

– регулярне оновлення обладнання та інфраструктури робочого місця для забезпечення високої продуктивності та зручності користувача.

5.2 Електробезпека приміщення

Приміщення, де здійснювалася розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання, належать до приміщень без підвищеної небезпеки. Вимоги з електробезпеки та пожежної безпеки для таких приміщень полягають у належній відповідності ПК, обладнання, проводів та кабелів вимогам безпеки та наявності пристроїв захисту від короткого замикання.

Лінії електричної мережі ПК у приміщенні реалізовані як окрема групова трипровідна мережа, використовуючи фазовий, нульовий робочий та нульовий захисний провідники. При цьому площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідників повинна бути не меншою за площу перерізу фазового провідника. Напруга в цій мережі складає 380 x 220 В (фазна напруга (фаза - "нуль") - 220 В, а міжфазна лінійна (фаза - фаза) - 380 В). Категорія умов з приводу небезпеки електротравматизму вважається без підвищеної небезпеки.

Мережі для під'єднання ПК мають електричні з'єднання та розетки, які, крім контактів фазового і нульового робочого провідників, мають спеціальні контакти для під'єднання нульового захисного провідника, що під'єднується перед ними. Порядок розімкнення мережі має бути зворотним.

Мережі штепсельних з'єднань та електричних розеток виконані за основною схемою, по 3-6 в одному ланцюжку. Оскільки вони розташовані вздовж стін, проводи прокладені по підлозі в металевих трубах і гнучких металевих каналах. Металеві трубки і гнучкі металеві канали заземлені.

Для забезпечення безпеки від електротравм в приміщенні вживаються наступні заходи:

1. Заземлення електроустановок, що передбачає відведення надлишкового електричного струму в землю, запобігаючи перенапрузі та можливим електротравмам.

2. Використання захисних пристроїв, таких як автоматичні вимикачі та розетки з реле напруги (RCD), які реагують на надлишковий струм або замикання і відключають електроустановку для захисту від електротравм та пожеж.

3. Правильна установка та обслуговування електрообладнання, що включає в себе правильне підключення та розміщення кабелів та приладів, регулярну перевірку на наявність пошкоджень та заміну старого обладнання.

4. Безпечна організація робочого простору, включаючи відведення електричних кабелів та проводів від місця проходження персоналу, щоб уникнути їх потрапляння під ноги.

5. Правильне використання розеток та електричних приладів, що передбачає уникання перевантаження розеток, неправильного вставлення штекерів та відключення невикористаних приладів від електромережі.

6. Здійснення навчання персоналу правилам безпеки та використання електрообладнання, щоб працівники мали розуміння ризиків та знання про заходи для уникнення електротравм та нещасних випадків.

5.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.3.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року. Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, мікроклімат виробничих приміщень визначає умови внутрішнього середовища, що впливають на тепловий обмін працюючих. Ці умови залежать від температури, вологості, швидкості руху повітря, температури поверхонь та інтенсивності опромінення.

Розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання відноситься до категорії 1 а. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 2.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату здійснюється організована вентиляція приміщення, регулювання опалення та кондиціонування повітря. Додатково передбачене використання спеціальних систем контролю і підтримки мікроклімату та застосування ізоляційних матеріалів та теплоізоляційних конструкцій.

5.3.2 Склад повітря робочої зони

Чисте повітря в робочій зоні є важливим для здоров'я та продуктивності працівників. Воно допомагає зменшити ризик розвитку проблем зі здоров'ям, пов'язаних з роботою, таких як астма, алергія та респіраторні захворювання. Чисте повітря також допомагає працівникам залишатися зосередженими та продуктивними протягом усього робочого дня.

В приміщенні, де проводиться розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання, може спостерігатися збільшена

концентрація пилу та озону. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, які присутні в даному приміщенні, перелічені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	10	4	4
Озон	0,16	0,03	1

Для забезпечення чистоти повітря робочої зони застосовується механічна вентиляція, яка видаляє забруднене повітря та подає свіже. Крім того, необхідно регулярно прибирати та провітрювати приміщення, щоб видалити пил, бруд та інші забруднювачі.

5.3.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення є важливим фактором, який впливає на безпеку, продуктивність та комфорт працівників. Воно забезпечує достатню освітленість для виконання робіт, а також допомагає зменшити ризик нещасних випадків. Достатнє освітлення допомагає працівникам бачити небезпечні зони та перешкоди, що може допомогти запобігти нещасним випадкам. Природне освітлення є найкращим типом освітлення, оскільки воно забезпечує природне світло, яке є м'яким і комфортним для очей. Однак у багатьох виробничих приміщеннях природний освітлення є недостатнім або неможливим. У таких випадках необхідно використовувати штучне освітлення.

Норми освітленості для штучного освітлення та КПО при природному та комбінованому освітленні, відповідно до умов виконання роботи наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	верхнє	Бокове	верхнє	Бокове
високої точності	Від 0,15 до 0,3	Ш	г	великий	світлий	100	300	7	2,5	4,2	1,5

Заходи, що передбачені для забезпечення відповідного освітлення, включають: Встановлення достатньої кількості освітлювальних приладів, використання підсвічування, розміщення джерел світла на оптимальній висоті та регулярне обслуговування освітлювальної системи.

Заходи, спрямовані на забезпечення відповідного освітлення, охоплюють наступне:

- забезпечення належної кількості освітлювальних приладів для забезпечення відповідного рівня освітленості в приміщенні. Це включає в себе вибір світильників з врахуванням потреб освітлення на різних ділянках та робочих місцях;

- використання підсвічування для поліпшення видимості на певних об'єктах або ділянках, де потрібне додаткове освітлення;

- розташування джерел світла на оптимальній висоті, яка забезпечує рівномірний розподіл світла та уникнення надмірних тіней;

– регулярне обслуговування освітлювальної системи з метою підтримання її ефективності та безпеки, включаючи заміну ламп, очищення світильників і перевірку наявності дефектів.

5.4 Виробничий шум

Виробничий шум – це надмірний шум, який може бути шкідливим для здоров'я працівників. Він може викликати такі проблеми, як порушення слуху (зниження слуху або навіть глухоти), зміни в поведінці (дратівливість та погіршення концентрації), а також проблеми зі здоров'ям (загострення серцево-судинних захворювань, проблеми зі сном та стрес).

Під час розробки системи підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання на робочому місці дослідника виникає шум, який походить від функціонування системних блоків, принтерів, сканерів, обладнання для кондиціонування повітря, вентиляторів систем охолодження і трансформаторів. Нормативні вимоги щодо шуму, ультразвуку та інфразвуку на робочому місці описані в ДСН 3.3.6.037-99. За умови виконання роботи (характер робіт і характер шуму), допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати гігієнічним стандартам, і рівні звуку L_A не повинні перевищувати 50 дБА, що можна знайти в таблиці 2.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску та звуку

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення прийнятних рівнів шуму (поліпшення шумового середовища) в приміщенні передбачено:

– вибір правильного дизайну. Відкрите планування приміщення може бути зручним для співпраці, але воно також може сприяти поширенню шуму. Для

зниження шуму доцільно використовувати перегородки, акустичні панелі або штори;

- дотримання правил виробничої поведінки.

5.5 Виробничі випромінювання

Розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання проводилася за допомогою ПК, тою на робочому місці можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Вплив електромагнітних випромінювань, що випромінюються комп'ютерами, на організм працівника залежить від різних факторів. Ці фактори включають діапазон частот, тривалість опромінення, характер випромінювання, режим опромінення, розміри поверхні тіла, яка піддається опроміненню, та індивідуальні особливості організму. Згідно зі стандартами, електромагнітне випромінювання вимірюється в діапазоні частот від 5 Гц до 400 кГц.

Гранично допустимі значення напруженості електричного та магнітного полів промислової частоти, при врахуванні тривалості їх впливу, регулюються відповідно до Санітарних правил і нормативів (СанПіН) 2.2.4.1191-03. Згідно з цими нормативними документами, працівник може перебувати в електромагнітному полі промислової частоти з напруженістю до 5 кВ/м протягом усього робочого дня. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівника в радіочастотному діапазоні становлять 25 В/м для електричного поля та 250 нТл для магнітного поля. Ці норми регулюються з метою забезпечення безпеки працівників, що працюють з комп'ютерами, та мінімізації можливих негативних впливів електромагнітних випромінювань на їхнє здоров'я.

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на розробника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

5.6. Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні чинники, що впливають на працівника під час розробки системи підтримки прийняття рішень для оцінювання стану системи дихання, визначаються відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками

шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) – до 50%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25%.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – виключений.

Режим праці:

Тривалість робочого дня – 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

Відтак, за показниками напруженості праці розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінювання стану системи дихання належить до допустимого класу (напруженість праці середнього ступеня).

5.7 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.7.1. Захист населення та персоналу в умовах радіаційного забруднення

Захист населення та персоналу в умовах радіаційного забруднення – це комплекс заходів, спрямованих на зменшення опромінення людей

радіоактивними речовинами. Основні принципи захисту населення та персоналу в умовах радіаційного забруднення: зменшення дози опромінення (досягається шляхом зменшення часу перебування в зоні радіаційного забруднення, зменшення відстані до джерела радіації та використання засобів індивідуального захисту); захист органів дихання, шкіри та очей (досягається шляхом використання респіраторів, захисних окулярів та костюмів) та деконтамінація (комплекс заходів, спрямованих на видалення радіоактивних речовин з поверхні тіла людини, одягу та обладнання).

Заходи захисту населення в умовах радіаційного забруднення можна розділити на три групи:

1. Заходи попередження. Ці заходи спрямовані на запобігання виникненню радіаційної аварії або зменшення її наслідків. До них відносяться: експлуатація джерел іонізуючого випромінювання відповідно до встановлених норм і правил; проведення періодичних перевірок і ремонтів обладнання, що працює з радіоактивними речовинами; підготовка населення до дій у разі радіаційної аварії);

2. Заходи захисту при загрозі радіаційної аварії. Ці заходи спрямовані на захист населення від радіаційної небезпеки в разі загрози радіаційної аварії. До них відносяться: оповіщення населення про загрозу радіаційної аварії; переведення населення в укриття або на безпечну відстань від джерела радіації; застосування засобів індивідуального захисту;

3. Заходи захисту після радіаційної аварії. Ці заходи спрямовані на зменшення опромінення населення, яке потрапило в зону радіаційного забруднення. До них відносяться: евакуація населення з зони радіаційного забруднення; деконтамінація людей, одягу та обладнання; медичне обстеження населення.

Заходи захисту населення та персоналу в умовах радіаційного забруднення є важливим елементом системи радіаційної безпеки. Ці заходи дозволяють зменшити опромінення людей і запобігти розвитку радіаційних захворювань.

5.8. Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту залу першого поверху

Коефіцієнт протирадіаційного захисту розраховуватимемо за формулою

$$K_3 = \frac{0,65 \times K_1 \times K_{CT}}{(1 - K_{III})(K_0 \times K_{CT} + 1)K_M}$$

Елементи будівлі:

- Стіни з пінобетону товщиною 40 см, маса $1\text{ м}^2 - 200$ кг.
- Стіни цегляні товщиною 38 см, маса $1\text{ м}^2 - 494$ кг.
- Внутрішні стіни цегляні товщиною 12 см, маса $1\text{ м}^2 - 156$ кг.
- Площа віконних прорізів: ВК7 – $3,4$ м^2 ; ВК9 – $1,2$ м^2 .
- Площа дверних прорізів: Д1 – $4,9$ м^2 ; Д2 – $3,1$ м^2 ; Д7 – $1,7$ м^2 ; Д10, Д11 – $2,3$ м^2 .
- Висота підвіконників – $0,8$ м.
- Площа підлоги для розрахунку приміщення – $112,1$ м^2 .
- Висота приміщення – $4,3$ м.

Плоскі кути приміщення:

Кут $\alpha_1 = 55^\circ$. Проти кута розташовані:

- зовнішня стіна з пінобетону товщиною 40 см площею $45,1$ м^2 з прорізом площею 28 м^2 ;
- зовнішня стіна з цегли товщиною 38 см площею $45,1$ м^2 з прорізом площею $17,1$ м^2 .

Кут $\alpha_2 = 125^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна з цегли товщиною 12 см площею $62,8$ м^2 з прорізом площею $1,7$ м^2 ;
- стіна з цегли товщиною 12 см площею $62,8$ м^2 з прорізом площею $6,45$ м^2 ;
- зовнішня стіна з пінобетону товщиною 40 см площею $62,8$ м^2 з прорізом площею $5,5$ м^2 .

Кут $\alpha_3 = 55^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна з цегли товщиною 38 см площею $45,1$ м^2 з прорізом площею $5,4$ м^2 ;
- стіна з цегли товщиною 38 см площею $45,1$ м^2 з прорізом площею $7,7$ м^2 ;
- зовнішня стіна з пінобетону товщиною 40 см площею $45,1$ м^2 з прорізом площею 27 м^2 .

Кут $\alpha_4 = 125^\circ$. Проти кута розташовані:

- зовнішня стіна з пінобетону товщиною 40 см площею 62,8 м² з прорізом площею 11,7 м².

Розрахуємо зведені маси стін розташованих проти плоских кутів.

Кут $\alpha_1 = 55^\circ$.

Зовнішньої стіни з пінобетону товщиною 40 см площею 45,1 м² з прорізом площею 28 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{28}{45,1} = 0,62, G_{\text{зв}} = 200(1 - 0,62) = 76 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Зовнішньої стіни з цегли товщиною 38 см площею 45,1 м² з прорізом площею 17,1 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{17,1}{45,1} = 0,38, G_{\text{зв}} = 494(1 - 0,38) = 306,3 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна зведена маса стін плоского кута α_1

$$G_{\Sigma}^1 = 76 + 306,3 = 382,3 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Кут $\alpha_2 = 125^\circ$.

Стіни з цегли товщиною 12 см площею 62,8 м² з прорізом площею 1,7 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{1,7}{62,8} = 0,03, G_{\text{зв}} = 156(1 - 0,03) = 151,3 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Стіни з цегли товщиною 12 см площею 62,8 м² з прорізом площею 6,45 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{6,45}{62,8} = 0,1, G_{\text{зв}} = 156(1 - 0,1) = 140,4 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Зовнішньої стіни з пінобетону товщиною 40 см площею 62,8 м² з прорізом площею 5,5 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{5,5}{62,8} = 0,09, G_{\text{зв}} = 200(1 - 0,09) = 182 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна зведена маса стін плоского кута α_2

$$G_{\Sigma}^2 = 151,3 + 140,4 + 182 = 473,7 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Кут $\alpha_3 = 55^\circ$.

Стіни з цегли товщиною 38 см площею 45,1 м² з прорізом площею 5,4 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{5,4}{45,1} = 0,12, G_{\text{зв}} = 494(1 - 0,12) = 434,7 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Стіни з цегли товщиною 38 см площею 45,1 м² з прорізом площею 7,7 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{7,7}{45,1} = 0,17, G_{\text{зв}} = 494(1 - 0,17) = 410 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Зовнішньої стіни з пінобетону товщиною 40 см площею 45,1 м² з прорізом площею 27 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{27}{45,1} = 0,6, G_{\text{зв}} = 200(1 - 0,6) = 80 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна зведена маса стін плоского кута α_3

$$G_{\Sigma}^3 = 434,7 + 410 + 80 = 924,7 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Кут $\alpha_4 = 125^\circ$.

Зовнішньої стіни з пінобетону товщиною 40 см площею 62,8 м² з прорізом площею 11,7 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{11,7}{62,8} = 0,19, G_{\text{зв}} = 200(1 - 0,19) = 162 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна зведена маса стін плоского кута α_4

$$G_{\Sigma}^4 = 162 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарні зведені маси стін і перегородок проти внутрішніх кутів приміщення

$$G_{\Sigma}^1 = 382,3 \text{ (кг/м}^2\text{)}; G_{\Sigma}^2 = 473,7 \text{ (кг/м}^2\text{)};$$

$$G_{\Sigma}^3 = 924,7 \text{ (кг/м}^2\text{)}; G_{\Sigma}^4 = 162 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарні приведені маси стін проти всіх плоских кутів менше 1000 кг/м², тому

$$K_1 = \frac{360}{36 + \sum \alpha_i} = \frac{360}{36 + 360} = 0,91.$$

За мінімальною сумарною приведеною масою стін

$$G_{\Sigma}^4 = 162 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

визначаємо коефіцієнт $K_{\text{ст}}=3$.

За шириною будівлі визначаємо коефіцієнт, який враховує долю розсіювання випромінювання $K_{\text{ш}}=0,15$ (висота приміщення складає 4,3 м).

Коефіцієнт K_0 , що враховує зниження поглинальної здатності зовнішніх стін за рахунок наявності в них віконних і дверних прорізів та проникнення в приміщення вторинного випромінювання, з врахуванням висоти від підлоги до вікон 0,8 м розрахуємо

$$K_0 = 0,8 \frac{S_0}{S_{\text{п}}} = 0,8 \frac{11,7}{112,1} = 0,104,$$

де $S_0 = 11,7 \text{ м}^2$ – площа віконних і дверних прорізів приміщення; $S_{\text{п}} = 112,1 \text{ м}^2$ – площа підлоги приміщення.

Коефіцієнт, що враховує зниження дози радіації в будівлі, розташованій в районі забудови, від екранувальної дії сусідніх споруд $K_M=0,55$.

Отже коефіцієнт протирадіаційного захисту приміщення

$$K_3 = \frac{0,65 \times K_1 \times K_{CT}}{(1 - K_{III})(K_0 \times K_{CT} + 1)K_M} = \frac{0,65 \times 0,91 \times 3}{(1 - 0,15)(0,104 \times 3 + 1)0,55} = 2,9.$$

Приміщення, для якого проведено розрахунок, має коефіцієнт протирадіаційного захисту 2,9, тому не може бути використане для укриття людей в разі забруднення навколишньої території радіоактивними речовинами. У випадку виникнення такої надзвичайної ситуації для захисту людей їх необхідно перевести в більш захищені приміщення або здійснити евакуацію в безпечні райони.

ВИСНОВКИ

Під час вивчення завдання та аналізу рекомендованої науково-технічної та довідково-інформаційної літератури, були освоєні основні методи дослідження дихальної системи людини. Були визначені та описані ключові показники дихальної системи, їхні короткі характеристики були вивчені детально.

Під час проробки матеріалів було виявлено основні особливості та технічні комплекси, що стосуються організації підтримки та проведення процедур для дихальної системи людини, а також апаратів та систем для оцінки зовнішнього дихання людини. Були розглянуті принципи їх побудови, основні технічні характеристики та принципи функціонування.

В ході виконання роботи було детально вивчено та систематизовано сукупність інструментальних методів для дослідження зовнішнього дихання людини, що постійно вдосконалюються.

Були визначені та детально розглянуті основні функціональні показники системи зовнішнього дихання людини, їх особливості та інструментальні методи оцінювання.

У ході дослідження були проаналізовані методики та способи оцінки дихальної системи людини. Був запропонований алгоритм для оцінювання дихальної системи, який включає послідовне вимірювання основних показників без проведення функціональних проб та їх систематичну обробку. Цей алгоритм спрямований на використання як у стаціонарних умовах, так і лікарями сімейної практики, а також самостійно при наявності апаратного забезпечення для індивідуального використання.

В роботі було запропоновано та обґрунтовано алгоритмічно-програмну реалізацію системи підтримки прийняття рішень як складової частини медичної експертної системи. Ця система реалізує продукційні рішення згідно обраного алгоритму оцінювання системи дихання.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Дихальна_система
2. https://pidruchniki.com/77414/prirodoznavstvo/harakteristika_osnovnih_etapiv_dihannya_lyudini
3. https://studopedia.ua/11_113067_patterni-dihaniya.html.
4. <https://med.wikireading.ua/24970>
5. https://pidruchniki.com/80776/meditsina/pokazniki_zovnishnogo_dihannya_ve_ntilyatsiyi
6. <http://www.grandars.ua/college/medicina/pokazateli-vneshnego-dyhaniya.html>
7. <http://rep.bsmu.by/bitstream/handle/BSMU/15059/369212-Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. https://znaytovar.ua/s/Medicinskie_pribory_dlya_funkci.html
9. https://znaytovar.ua/s/Medicinskie_pribory_dlya_funkci.html
10. <https://studfile.net/preview/2243568/>
11. <https://docplayer.net/88808380-4-1-matematichne-modelyuvannya-skladnih-biologichnih-sistem-model-zbilshennya-chiselnosti-populyaciyi-model-hizhak-zhertva.html>
13. <https://studfile.net/preview/2243568/page:2/>
15. <http://www.eduherald.ua/ru/article/view?id=14312>
16. Аврунін О.Г. Методи і способи функціональної діагностики зовнішнього дихання / О.Г. Аврунін, Р.С. Томашевский, Х.И. Фарук: ХНАДУ, 2015. – 208 с.
17. [http://eprints.zu.edu.ua/reprints.zu.edu.ua/26863/1/Корнійчук%20 Н.М.](http://eprints.zu.edu.ua/reprints.zu.edu.ua/26863/1/Корнійчук%20Н.М.)
18. <https://studfile.net/preview/5294581/page:2/>.
19. <https://www.eduherald.ua/ua/article/view?id=14312>
20. Хоффбранд В. Гематологія. Атлас-довідник / В.Хоффбрант, Дж. Пттит, - М.: Практика, 2007.- 408 с.
21. Яблонский А.И. Математичні моделі в дослідях науки / А.И.Яблонский. -М: Наука, 1986.- 352 с.
22. http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/4691/1/Tiahunova_Laborato
23. <https://core.ac.uk/download/pdf/158807205.pdf>.

24. <https://www.bestreferat.ua/referat-209172>.
25. <http://ahv.kpi.ua>
26. <https://studfile.net/preview/5485203/>.
27. <https://dspace.spbu.ua/bitstream/11701/11047/1/VKR>.
28. Dovbysh, A.S., Rudenko, M.S. Information-extreme learning algorithm for a system of recognition of morphological images in diagnosing oncological pathologies/ *Cybernetiks and Systems Analysis*, 2014, v. 50, No. 1, pp. 157-163. DOI:10.15587/1729-4061.2016.71930
29. M. Shamsin, N. Krilova, M. Bazhanova, V. Kazantsev, V. A. Makarov, and S. Lobov, “Supervised and unsupervised learning in processing myographic patterns,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Nov. 2018, vol. 1117, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1117/1/012008.
30. A. D. Roche, H. Rehbaum, D. Farina, and O. C. Aszmann, “Prosthetic Myoelectric Control Strategies: A Clinical Perspective,” *Curr. Surg. Reports*, vol. 2, no. 3, 2014.
31. Козловський В.О. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – ВДТУ, 2003 – 75 с.
32. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни „Конструювання електронної апаратури”. / Є. Й. Волуєвич, Р. Ф. Лободзинська та ін. – Вінниця.: ВДТУ, 1997р. – 84 с.
33. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
34. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074958732556240833?doc_type=2
35. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджених [наказом](#) Міністерства охорони здоров'я України від 08 квітня 2014 року № 248.

36. ДСан ПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ. Режим доступу: <http://document.ua/derz-nor4881.html>

37. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

38. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Режим доступу до сторінки: http://hrliga.com/index.php?module=norm_base&op=view&id=819

39. ДСНіПЗ.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>.

40. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

41. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

42. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77160

43. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Система підтримки прийняття рішень для оцінюванню стану системи дихання

Тип роботи: МКР

Підрозділ: кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 83,6 %

Схожість 16,4 %

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

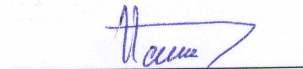
Особа, відповідальна за перевірку



Штофель Д. Х.

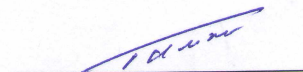
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи



Переменко О. А.

Керівник роботи



Тимчик С. В.