

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний політехнічний університет

На правах рукопису

БАБИЧ ЮЛІЯ ІГОРІВНА

УДК 004.942:004.052.3

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ  
ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО  
ЗАСТОСУВАННЯ

05.13.06 – інформаційні технології

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
Носов Павло Сергійович  
кандидат технічних наук, доцент

Одеса – 2015

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМИ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ	12
1.1 Аналіз сучасного стану об'єкту та предмету дослідження	12
1.2 Відмови в ЕСКЗ, як прояв людського фактору	18
1.3 Методи та моделі визначення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ	29
1.4 Використання сучасних інформаційних технологій для підвищення відмовостійкості ЕСКЗ	37
1.5. Висновки до розділу. Постановка цілі та завдань дослідження	44
РОЗДІЛ 2 ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРА ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ	47
2.1 Індивідуальний інформаційний профіль оператора в складі ергатичних систем критичного застосування	48
2.2 Методика визначення мотиваційного потенціалу та продуктивності оператора, як складових його інформаційного профілю	52
2.3 Методика визначення часу на зниження рівня професійної готовності та часу витраченого на прийняття рішення	61
2.4 Метод оцінки рівня професійної готовності оператора в складі ергатичних систем критичного застосування	68
2.5 Висновки до другого розділу	72
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ГОТОВНОСТІ ОПЕРАТОРА	74
3.1 Метод визначення індивідуального часу для підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ	74
3.2 Розробка узагальненого методу підтримки рівня професійної	91

готовності оператора в ЕСКЗ	
3.3 Висновки до третього розділу	93
РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ	94
4.1 Розробка модуля для визначення типу сприйняття інформації у оператора	94
4.2 Розробка структури інформаційної технології на основі індивідуального інформаційного профілю	102
4.3 Програмна реалізація інформаційної технології підвищення відмовостійкості ЕСКЗ	105
4.4 Висновки до четвертого розділу	119
ВИСНОВКИ	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	123
ДОДАТКИ	137
ДОДАТОК А	138
ДОДАТОК Б Акти впровадження	139

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД –	База даних
ЕСКЗ –	Ергатична система критичного застосування
ІП –	Інформаційний профіль
ІС –	Інформаційна система
ІТ –	Інформаційна технологія
ОПР –	Особа, що приймає рішення
РПГ –	Рівень професійної готовності
СППР –	Система підтримки прийняття рішень

## ВСТУП

В останнє десятиліття в Україні спостерігається стійка тенденція до зростання кількості критичних випадків, пов'язаних з проявами людського фактору при виконанні професійної діяльності. З огляду на зазначені тенденції, у більшості провідних країн світу в різного роду інфраструктурах для систематизації об'єктів, втрата або порушення нормального функціонування яких, призведе до значних або навіть невіправних негативних наслідків різного масштабу, введено термін «ергатична система критичного застосування». Введення даного терміну в законодавство, розробка та прийняття стратегій захисту ергатичних систем критичного застосування (ЕСКЗ) та національних планів дій є загальноприйнятою практикою в США, Канаді, Великобританії, Австралії, окремих країнах-членах ЄС та в останні роки в Україні.

У наш час в роботі ЕСКЗ все частіше виникають різного рівня аварійно-небезпечні ситуації. В більшості випадків причиною яких є людина-оператор, діяльність якої впливає, як на сам процес автоматизації, так і на подальшу виробничу діяльність ЕСКЗ. Складність вирішення проблем забезпечення захищеності та безпеки ЕСКЗ об'єктивно викликана масштабністю, взаємопов'язаністю, неоднорідністю об'єктів та різноманітністю загроз (техногенних, природного, політичного та соціального характеру). В Україні діє низка законодавчих актів, що надають особливого статусу об'єктам, які використовують ЕСКЗ. Говорити про безпеку ЕСКЗ на рівні держави – складно, оскільки це низка взаємопов'язаних, взаємозалежних дій уряду. А про безпеку ЕСКЗ на рівні самого об'єкту – можливо. Особливо, якщо проблеми роботи системи пов'язані саме з проявами людського фактору.

На сучасному етапі економічного та технічного розвитку, однією з найбільш важливих проблем є підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування (ЕСКЗ), які використовуються в управлінні атомними електростанціями, повітряними, залізничними та

автотранспортними перевезеннями, технологічними агрегатами в металургії, нафтогазовій промисловості та ін. ЕСКЗ являє собою систему, складовим елементом якої виступає людина-оператор (або група операторів). Загальну тенденцію розвитку ЕСКЗ характеризують такі фактори: зростання ступеня складності об'єктів управління, розширення складу та рівня складності розв'язуваних функціональних завдань, скорочення часу на прийняття рішення, зростання ціни помилок та ймовірності виникнення масштабних аварійно-небезпечних ситуацій. Основними причинами ескалації виникнення аварійно-небезпечних ситуацій – є відмови ЕСКЗ. Згідно з даними державної служби з екологічного, технічного і атомного нагляду, основними причинами відмов є помилки оператора, що складають до 65 % від усіх випадків, які виникають через низький рівень його професійної готовності та нерегулярні перевірки цього рівня. Тому, через зростання вимог до рівня професійної готовності операторів в ЕСКЗ та оперативності процесу підвищення цього рівня, останнім часом, значні зусилля (наукові, фінансові, ресурсні) витрачаються на розробку нових інформаційних технологій підвищення відмовостійкості ЕСКЗ, саме за рахунок підтримки відповідного рівня професійної готовності оператора на корпоративному (окремі компанії, їх регіональні об'єднання), державному і міждержавному (МАГАТЕ, програми Європейського Союзу, НАТО тощо) рівнях. Роботи з підвищення рівня професійної готовності операторів проводяться в декількох напрямках, на кожному з яких процеси збору, обробки, представлення та збереження інформації про інформаційний профіль операторів мають свої характерні особливості й недоліки. Таким чином, існує протиріччя – практика вимагає нових інформаційних технологій для підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки відповідного рівня професійної готовності операторів, а існуючі моделі, методи та інформаційні технології не враховують індивідуальний інформаційний профіль оператора та не дозволяють формувати індивідуальні графіки перевірки та підвищення цього рівня. Реалізація такого рішення дозволяє індивідуалізувати та формалізувати процес

підвищення рівня професійної готовності операторів, а також зробити цей процес оперативним, вимірюваним та цілеспрямованим, що є одним з головних факторів забезпечення якісно нового рівня ергатичної ланки ЕСКЗ для підвищення відмовостійкості таких систем.

Таким чином, розробка нових моделей, методів та інформаційної технології підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки рівня професійної готовності є перспективною і актуальною науково-технічною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота виконувалась згідно з завданнями відповідних розділів науково-дослідної роботи Одеського національного політехнічного університету № 689-33 «Підвищення вібростійкості технологічної системи сучасного металорізального устаткування з застосуванням адаптивного керування приводом головного руху» (№ ДР 0113U001459) та комплексу нормативних документів і стандартів: Закон Верховної Ради України від 18.01.2001 № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки»; Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України № 507 від 31.08.2005 «Про затвердження Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України».

**Метою роботи** є підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування за рахунок формалізації підтримки індивідуального рівня професійної готовності операторів на базі розроблених моделей, методів та інформаційної технології.

Для досягнення цієї мети в роботі розв'язані **наступні задачі:**

- проаналізовано стан проблеми відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування та визначено шляхи її підвищення за рахунок підтримки відповідного рівня професійної готовності операторів;
- розроблено інформаційну модель оператора у вигляді його індивідуального інформаційного профілю;
- розроблено метод оцінки рівня професійної готовності операторів

ергатичних систем критичного застосування, який враховує їх індивідуальний інформаційний профіль;

– розроблено метод визначення індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності операторів ергатичних систем критичного застосування;

– розроблено узагальнений метод підтримки індивідуального рівня професійної готовності операторів ергатичних систем критичного застосування;

– розроблено інформаційну технологію підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування за рахунок підтримки індивідуального рівня професійної готовності операторів, виконано її впровадження.

*Об'єкт дослідження* – процеси, що впливають на відмовостійкість ергатичних систем критичного застосування.

*Предмет дослідження* – методи, моделі та інформаційні технології підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування.

**Методи дослідження.** При дослідженні інформаційного профілю операторів використовувались методи математичного моделювання, основні положення теорії нечіткої логіки та експертних систем для визначення індивідуального часу на процес підвищення рівня професійної готовності. Для розробки методик визначення показників індивідуального інформаційного профілю операторів застосовані методи оцінки результатів. Теорія прийняття рішень та методи об'єктно-орієнтованого програмування використовувались для розробки інформаційного забезпечення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в наступному:

– отримала подальший розвиток інформаційна модель оператора у вигляді індивідуального інформаційного профілю, який складається не тільки з оцінки професійних, а й психофізіологічних характеристик, що дозволило індивідуалізувати процес підтримки рівня професійної готовності оператора в



складі ергатичних систем критичного застосування;

– отримав подальший розвиток метод оцінки рівня професійної готовності з урахуванням індивідуального інформаційного профілю оператора, який, на відміну від відомих, враховує не тільки індивідуальні професійні, а й психофізіологічні характеристики оператора за рахунок поєднання методів М. Джонса та Г. Еббінгауза, що дозволило визначити час зниження рівня професійної готовності оператора та сформувати індивідуальний графік перевірки цього рівня;

– отримав подальший розвиток метод визначення індивідуального часу на процес підвищення рівня професійної готовності оператора, який відрізняється врахуванням його індивідуального інформаційного профілю з використанням апарату нечіткої логіки та бази правил нечітких продукцій, що дозволило підвищити оперативність цього процесу;

– вперше розроблено узагальнений метод підтримки рівня професійної готовності оператора, який складається з восьми послідовних етапів, що дозволило формалізувати цей процес, раціонально проводити перевірку рівня професійної готовності і зменшити кількість відмов ергатичних систем критичного застосування з вини оператора.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в розробці інформаційної технології, яку реалізовано у вигляді програмних засобів, використаних для підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування. Впровадження розроблених рішень у виробничій процес показало їх ефективність. Так кількість відмов з вини оператора за звітний період (2 роки) зменшилась з 12 до 7 в Херсонській дирекції залізничних перевезень Одеської залізниці та з 9 до 4 в «ВКФ Кріопром ООО». За рахунок формування індивідуального графіку перевірки рівня професійної готовності оператора з врахуванням індивідуального часу на цей процес, ефективність роботи операторів на вказаних підприємствах збільшилась в середньому на 27 %, а їх кількість з показниками рівня професійної готовності до норми встановленої в ЕСКЗ, зростає майже вдвічі. Результати дисертаційної роботи

впроваджено також в навчальний процес Одеського національного політехнічного університету.

Розроблена інформаційна технологія підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок своєї універсальності може бути впроваджена в наступні галузі роботи ергатичних систем критичного застосування: диспетчерські системи управління повітряним, морським, автомобільним рухом; системи оперативного управління ядерними реакторами; технологічними агрегатами в металургії та ін.

**Особистий внесок здобувача** у розробці методу визначення індивідуальних інформаційних характеристик оператора [16, 60]. Виконано аналіз існуючих методів та моделей підтримки рівня професійної готовності [61,62,63,64]. Запропоновано інформаційну модель процесу підтримки індивідуального рівня професійної готовності оператора для визначення часу на цей процес [65,66,70,71,73]. Було розроблено метод підтримки рівня професійної готовності оператора [67,68,72]. Розроблено програмний засіб визначення типу сприйняття інформації оператора [16]. Формалізовано завдання відносно мети дисертаційної роботи [59,69].

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації були оприлюднені та отримали позитивну оцінку на всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі – 2010» (Одеса, 2010); міжнародній науково-практичній конференції «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте – 2010» (Одеса, 2010); міжнародній науково-практичній конференції «Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика СППР – 2010» (Київ, 2010); всеукраїнській науково-практичній конференції «Перспективні інновації у підготовці педагогічних та інженерних кадрів: теорія, методологія, досвід – 2010» (Херсон, 2010); всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті та обладнання для їх обслуговування» (Херсон, 2011); всеукраїнській науково-практичній конференції «Проектна та конструкторсько-технологічна

підготовка майбутніх фахівців інженерного та педагогічного напрямів» (Херсон, 2011); міжнародній науково-практичній конференції «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте – 2012» (Одеса, 2010); міжнародній науково-практичній конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013» (Одеса, 2013); всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць» (Одеса, 2013).

**Публікації.** Результати дисертації викладені в 17 публікаціях, серед них: 6 статей в журналах з переліку спеціалізованих видань МОН України (з них чотири входять до міжнародних науко-метричних баз BASE, ULRICH-SWEB, DRIVER, Intex Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF, eLIBRARY), 3 статті в журналах, які не входять до переліку спеціальних видань МОН України, а також 8 матеріалів конференцій і семінарів.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 117 найменувань та 4 додатків. Повний обсяг – 143 сторінки, обсяг основного тексту – 122 сторінки. Містить 41 рисунок, 11 таблиць.

## РОЗДІЛ 1

### ПРОБЛЕМИ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

#### 1.1 Аналіз сучасного стану об'єкта та предмета дослідження

На сучасному етапі економічного розвитку держави одна з найбільш важливих проблем – це підвищення відмовостійкості ергатичних систем, які використовуються в різних сферах діяльності людини, а саме в системах обслуговування, керування і контролю, під час обробки даних, проектування, тощо. Ергатична система являє собою складну систему керування, складовим елементом якої виступає оператор (або група операторів) [3].

В останнє десятиліття в Україні спостерігається стійка тенденція до зростання кількості аварійно-небезпечних ситуацій в людино-машинних системах, пов'язаних з різного роду помилками, як зі сторони системи, так і оператора [5]. З огляду на зазначені тенденції, у більшості провідних країн світу в різного роду інфраструктурах, для систематизації об'єктів, функціонування яких, залежить, як від машинної складової, так і від людини введено термін «ергатична система» [56].

Вперше цей термін було введено в 1960 році у м. Москва на першому конгресі Міжнародної федерації з автоматичного управління, який став синонімом терміну «людино-машинна система». Під цим терміном розуміли інформаційну систему, яка складалася з оператора та комплексу технічних засобів, що функціонують в сукупності [36].

У наш час під цим терміном розуміють багатофункціональну інформаційну систему управління, що містить якісно різні компоненти – оператора, як ергатичну складову і технічні засоби, як неергатичну складову [7]. Прикладами ергатичних систем є системи керування транспортним засобом, верстатом, диспетчерська служба шахт,

збагачувальних фабрик, тощо.

Класифікація ергатичних систем може бути проведена за низкою ознак: цільовим призначенням системи, характеристикою людської ланки, типом і структурою технічної ланки, типом взаємодії компонентів системи та специфічні клас систем [22].

За основним цільовим призначенням вони поділяються на:

- управляючі – основне призначення оператора – це керування машинною складовою системи;
- обслуговуючі – оператор контролює стан технічної складової, виконує пошук несправності, налаштування і т.п.;
- інформаційні – забезпечують пошук, накопичення, обробку та отримання інформації, необхідної оператору (радіолокаційні, телевізійні, системи радіо та дротового зв'язку та ін.);
- навчальні – ті, що виробляють у оператора певні навички роботи (тренажери, технічні засоби навчання);
- дослідницькі – використовуються під час аналізу тих чи інших явищ, пошуку нової інформації, нових завдань (моделюють установки, макети, науково-дослідницькі прилади й установки).

Особливість управляючих й обслуговуючих ергатичних систем полягає у тому, що об'єктом цілеспрямованих дій в таких системах є машинна складова. У навчальних та інформаційних, навпаки, це оператор. У дослідницьких – мають вплив дві складові [3].

За характеристикою людської ланки виділяють два класи ергатичних систем [5]:

- моносистеми, до складу яких входить один оператор і одне чи декілька технічних пристроїв;
- полісистеми, керуючим елементом яких є колектив операторів, а керованим – комплекс технічних засобів. Слід зазначити, що цей вид ергатичних систем поділяється на паритетні, де всі оператори є рівноправними в роботі системи (колектив операторів-система життєзабезпечення на

підводному човні) та ієрархічні, з чіткою підлеглистю операторів (наприклад, система відображення інформації з екраном, призначена для використання колективом операторів).

Наступні види ергатичних систем класифіковані за типом і структурою технічної ланки [115]:

– інструментальні ергатичні системи, до складу яких в якості технічних пристроїв входять інструменти, і прилади. Відмінною рисою цих систем, як правило, є вимога високої точності прийняття рішень оператором [34].

– прості людино-машинні системи, які враховують роботу стаціонарно-технічного механізму (різноманітних перетворювачі енергії) і важливість прийняття рішення оператором, при використанні цього технічного засобу [65]. В таких ергатичних системах вимоги до оператора є різними залежно від типу пристрою, його цільового призначення і умов використання.

– складні людино-машинні системи, які включають окрім використання ергатичної ланки, ще й сукупність технологічно пов'язаних, але різних за своїм функціональним призначенням апаратів, пристроїв і машин, призначених для певного продукту (енергетична установка, автоматична потокова лінія, обчислювальний комплекс, тощо). В таких системах, зазвичай, технологічний процес забезпечується локальними системами автоматичного управління. Оператор виконує контроль за технологічним процесом, зміну режимів роботи, оптимізацію окремих процесів [7].

– системотехнічні комплекси – це складні технічні системи з детермінованими зв'язками і колективом операторів, що їх експлуатує. Для систем такого типу властива взаємодія не тільки «людина-машина», а й «людина-людина-машина» [17]. Слід зазначити, що у процесі роботи в такого типу ергатичній системі оператор взаємодіє не лише з технічними пристроями, але і іншими операторами. Типовими прикладами системотехнічних комплексів є судно, літак, транспортна система, тощо.

В основу класифікації за типом взаємодії компонентів ергатичної системи покладено степінь безперервності цього процесу [7]:

- безперевні системи, наприклад, «водій-автомобіль»;
- епізодичні. Останні, в свою чергу, поділяться на системи регулярної взаємодії. Прикладом такої системи є «оператор-комп'ютер». Стохастична епізодична взаємодія має місце у таких системах, як «оператор- верстат» [5].

Слід зауважити, що є інші класифікації ергатичних систем. Наприклад, за галузями функціонування, нафто та газопереробні, залізничні, авіаційні, енергетичні, медичні, автотранспортні та ін. [111].

Окрім, вище розглянутих класифікацій, виділяють специфічний клас ергатичних систем – це ергатичні системи критичного застосування (ЕСКЗ), який об'єднує в собі риси вище розглянутих класифікацій ергатичних систем [7]. Під терміном ЕСКЗ розуміють, багатофункціональні інформаційні системи, які складаються з оператора, як ергатичної складової, та комплексу технічних, програмних та організаційних засобів, відмова або збій в роботі яких може привести до аварійно-небезпечних ситуацій на місцевому, регіональному та загальнодержавному рівнях [111]. Прикладами таких систем є системи управління атомними електростанціями, повітряними, залізничними та транспортними перевезеннями, технологічними агрегатами в металургії, нафтогазовій промисловості та ін.. Тому такі системи вимагають високого рівня надійності її складових елементів, що залежить від багатьох факторів [37], оскільки вихід з ладу будь-якого з елементів в таких системах може зумовити відмову всієї системи. Згідно зі стандартом ДСТУ 2860-94 показник надійності є комплексним і складається з визначення ймовірності відмови, ймовірності безвідмовної роботи, інтенсивності ймовірності відмови, щільності ймовірності відмови, математичного очікування та дисперсії часу до відмови системи [5].

Під відмовою ЕСКЗ в роботі будемо розуміти подію, яка полягає в тому, що система чи її окремий елемент повністю або частково втрачає працездатність через виникнення аварійно-небезпечної ситуації по вині людини-оператора [30]. Відповідно, під відмовостійкістю ЕСКЗ розуміємо –

здатність системи виконувати свої функції при мінімізації виникнення в ній відмов [7]. Окрім цього, характерними особливостями таких систем є те, що вони є динамічними об'єктами функціонування; адаптивними, тобто можуть змінювати режим функціонування в залежності від нових умов та є цілеспрямованими; пред'являють високі вимоги до професійних та психофізіологічних характеристик ергатичної ланки; безпомилковістю прийняття рішень оператором в ЕСКЗ [10]. Дослідження відмовостійкості ЕСКЗ проводиться на основі системного підходу, що розглядає об'єкт як систему, в якій виділяються окремі елементи, внутрішні та зовнішні зв'язки, що впливають на функціонування елементів, при цьому цілі кожного з елементів формуються залежно від загального призначення системи. На рисунку 1.1 наведено загальну структуру ЕСКЗ та вплив індивідуальних професійних та психофізіологічних характеристик оператора на кількість відмов ЕСКЗ.

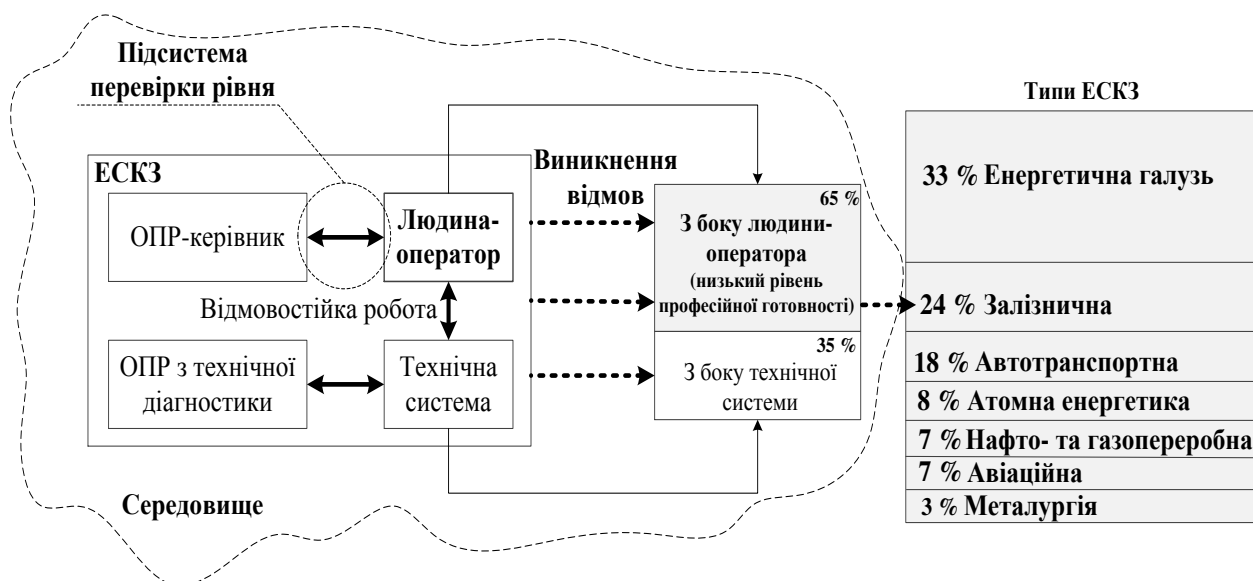


Рисунок 1.1 – Вплив людини-оператора, як складового елемента ЕСКЗ, на її відмовостійкість

Виходячи з рисунку 1.1 видно, що дві складові її частини є рівнозначними і відмова в роботі ергатичної складової може привести до невірних наслідків, так само, як і помилки неергатичної складової.



За результатами статистичних даних, кількість відмов в ЕСКЗ за галузями розподіляється так (рис.1.2).

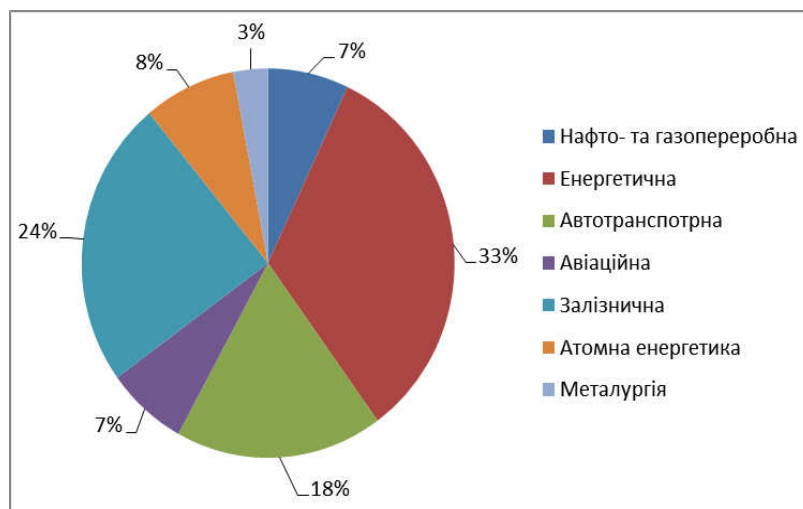


Рисунок 1.2 – Кількість відмов в галузевих ЕСКЗ

Аналізуючи рисунок 1.2, можна зробити висновок, що найбільша кількість відмов виникає в енергетичній та залізничній галузях. Причинами відмов ЕСКЗ в цих галузях є різні фактори представлені на рисунку 1.3. Аналіз статистичних даних показав, що 53 % всіх аварійних ситуацій та порушень технологічного режиму в ЕСКЗ виникають саме по причині ергатичної складової системи – оператора.

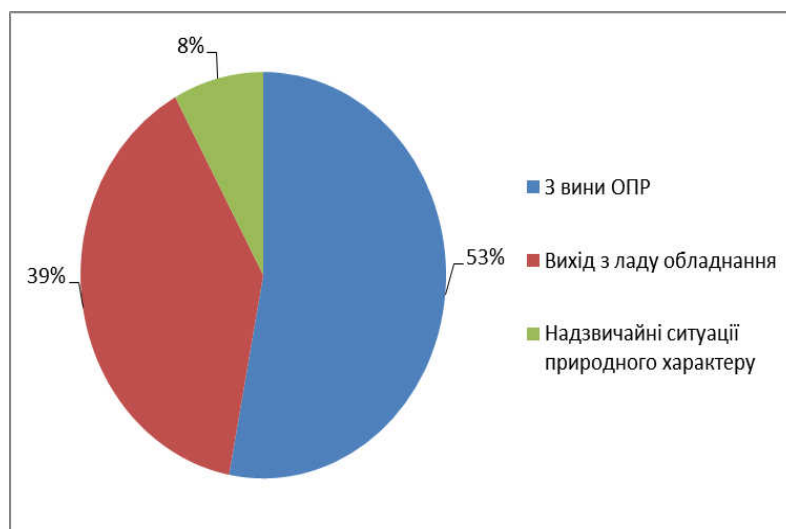


Рисунок 1.3 – Причини виникнення відмов в ЕСКЗ

Безпомилковість роботи оператора, як складової роботи ЕСКЗ, визначається як ймовірність успішного виконання ним функціональних обов'язків на заданому етапі в ЕСКЗ протягом певного інтервалу часу за певними вимогами до тривалості виконання роботи [15].

Тому підвищення відмовостійкості ЕСКЗ неможливе без урахування надійності роботи ергатичної ланки, як причини, через яку, виникає найбільша кількість відмов в таких системах, а відповідно, як наслідок, і відмова в роботі всієї ЕСКЗ.

## 1.2 Відмови в ЕСКЗ, як прояв людського фактору

Як свідчить практика, найбільша кількість відмов в ЕСКЗ виникає через помилки оператора в таких системах [7]. В середньому, оператор припускає одну помилку на 100-300 операцій [111]. Помилки людини і відповідні відмови техніки є основною причиною більшості критичних подій не тільки в Україні, але і у світі. Стрімке вдосконалення техніки підвищує її надійність та знижує показники кількості аварійно-небезпечних ситуацій через відмови технічних частин. Однак, слабкою ланкою залишається оператор, з його вини кількість відмов збільшується і вже досягає 60–70 % (рис.1.4).

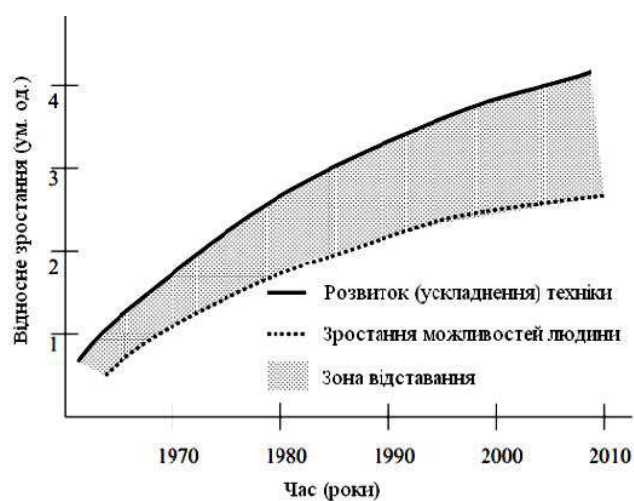


Рисунок 1.4 – Співвідношення розвитку техніки та можливостей оператора в ЕСКЗ

Такі показники пояснюються тим, що в сучасних умовах значно збільшилася інтенсивність впливу на оператора різних факторів, що підвищують ймовірність його помилки.

В області ЕСКЗ розроблено достатню кількість методів і засобів контролю функціонального стану оператора, що знаходять своє підтвердження в роботах Е. А. Лаврова, А. І. Берг, С. В. Бойко, В. Ф. Ананіна, В. М. Ахутіна, А. М. Зінгермана, В. П. Харченко, М. М. Кісліцина та ін.

Процес від отримання сигналу до прийняття рішення оператором складається з багатьох етапів: сприйняття інформації, оцінки інформації, її аналіз та узагальнення на основі заздалегідь заданих або сформульованих критеріїв оцінки, ухвалення рішення про подальші дії, приведення прийнятого рішення у виконання, контролю за виконанням прийнятого рішення [10]. Сутність цієї роботи полягає в контролі за різними індикаторами, приладами, сигналами. На всіх етапах діяльності оператора можливе виникнення помилок.

Під помилкою оператора в ЕСКЗ будемо розуміти неправильне виконання або невиконання ним функціональних обов'язків, пов'язаних з багатьма інформаційними процесами, для досягнення мети в роботі ЕСКЗ або її складової частини [111]. Це може бути причиною порушення роботи технічної складової або порушення нормального ходу запланованої операції.

З огляду на це, виділяють види помилок, що допускаються оператором на різних стадіях взаємодії в ЕСКЗ, їх можна класифікувати наступним чином [37]:

- помилки проектування: зумовлені незадовільною якістю проектування. Наприклад, керуючі пристрої та індикатори можуть бути розташовані настільки далеко один від одного, що оператор не зможе одночасно користуватися ними, що знизить швидкість прийняття ним правильного рішення;

- помилки виробництва: виникають при неправильному виконанні оператором встановлених нормативними документами в ЕСКЗ завдань, мають місце на етапі виробництва, внаслідок незадовільної якості роботи,

неправильного вибору матеріалу, виготовлення виробу з відхиленнями від конструкторської документації;

– помилки технічного обслуговування виникають в процесі експлуатації і зазвичай викликані неякісним ремонтом обладнання або неправильним монтажем внаслідок недостатньої рівня професійної готовності (РПГ) оператора, незадовільного оснащення необхідною апаратурою та інструментами;

– внесені помилки: як правило, це помилки, для яких важко встановити причину їх виникнення, тобто визначити, виникли вони з вини оператора або ж пов'язані з порушенням роботи технічної складової;

– помилки неправильного користування, наприклад, пультом керування: виникають внаслідок неправильної експлуатації або їх транспортування з відхиленнями від рекомендацій виробника;

– помилки організації робочого місця: некомфортність робочого місця оператора, нестаток кондиціонування, шум, недостатня освітленість і т.п;

– помилки спостереження та контролю: пов'язані з помилковістю прийняття сигналу технічною складовою або оператором, як додатного елемента або пристрою, характеристики якого виходять за межі допустимих;

– помилки в управлінні колективом: недостатнє стимулювання оператора різного рівня, їх психологічна несумісність, що не дозволяють досягти високих показників в роботі.

Властивість оператора помилятися є функцією його психофізіологічного стану, який частково або взагалі не оцінюється в сучасних ЕСКЗ [15].

Усі помилки оператора в ЕСКЗ поділяють на закономірні і випадкові [8]. До закономірних належать ті помилки, причини яких можуть бути виявлені, проаналізовані і ліквідовані. Причини випадкових помилок оператора невідомі і мають стохастичний характер [5].

За природою виникнення розрізняють чотири види помилок оператора в ЕСКЗ [19]:

- сенсорні – пов'язані зі сприйняттям інформації;
- логічні – із прийняттям рішення;
- моторні – виконанням керуючих дій;
- помилки пам'яті – не запам'ятав, неправильно обробив сприйнятий сигнал через недостатній РПГ, неправильно відтворив сприйняту інформацію і т.д.

Статистика вказує, що приблизно 20-30 % відмов обладнання системи пов'язані з помилками оператора. За даними Р. Дженсена, найбільша кількість подій зі смертельним наслідком відбувалася через помилки оператора – поїзного диспетчера (ДОДАТОК А).

Помилки оператора є ймовірними подіями, але в їх основі лежать причини як об'єктивного, так і суб'єктивного характеру. Вони можуть мати різні наслідки для самого оператора, колективу, техніки та ЕСКЗ в цілому. Класифікацію відмов складової частини ЕСКЗ – оператора за їх наслідками наведено на рис. 1.5.

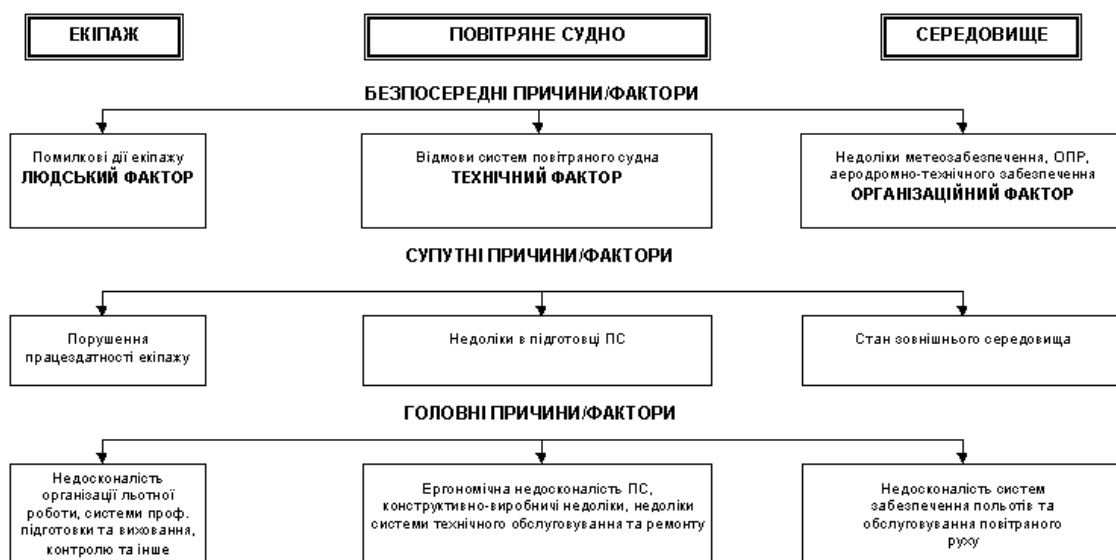


Рисунок 1.5 – Класифікація відмов в ЕСКЗ

Наслідки помилок оператора в ЕСКЗ можуть привести до пошкодження

техніки, порушення роботи ЕСКЗ в цілому, травматизму людей та ін. (рис. 1.6).

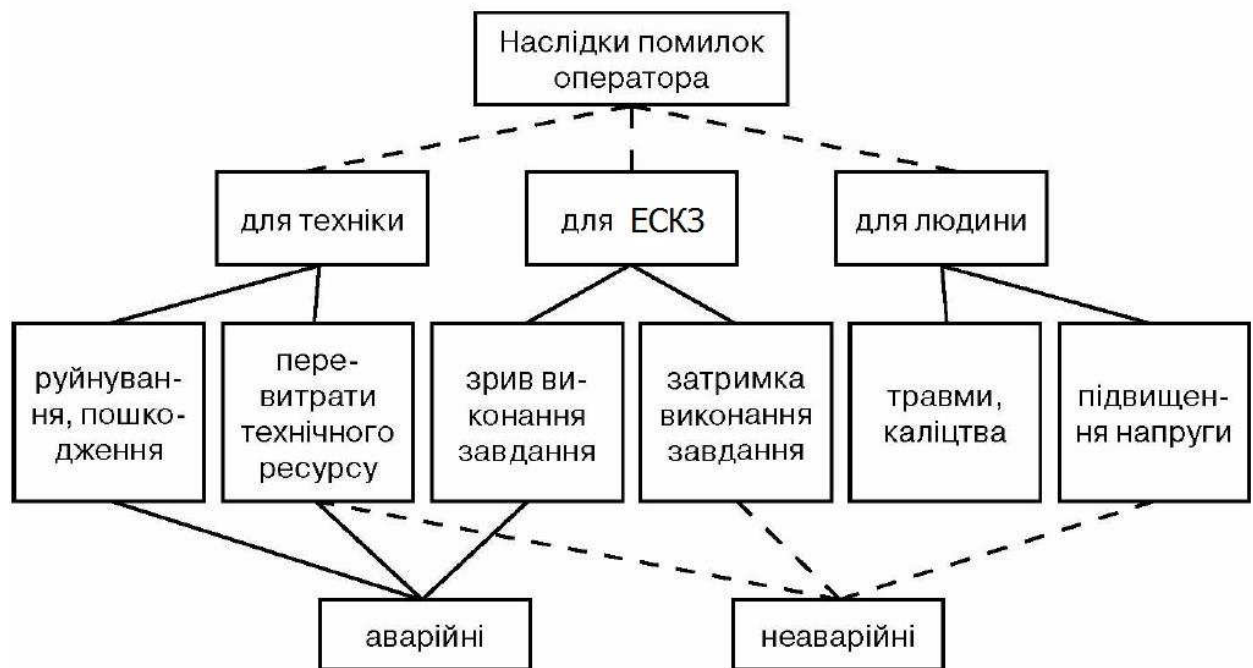


Рисунок 1.6 – Наслідки помилок оператора в ЕСКЗ

Відмови ЕСКЗ з вини оператора можуть виникати у таких випадках:

- оператор не виконує функціональні обов'язки для досягнення поставленої мети ЕСКЗ;
- поставленої мети не можна досягти через неправильну роботу технічного та програмного забезпечення;
- оператор не виконує функціональні обов'язки (через недостатній РПГ) [89].

За кількістю безпомилкових операцій ( $W$ ) визначається ефективність роботи оператора, як ланки ЕСКЗ [5]:

$$W = K_a \cdot W_0 \cdot R' \cdot R'', \quad (1.1)$$

де  $K_a$  – коефіцієнт творчої активності;

$W_0$  – ідеальна ефективність, кількість операцій за одиницю часу;

$R'$  – ймовірність працездатного стану оператора перед початком роботи;

$R''$  – ймовірність збереження працездатності оператора і безпомилкова реалізація завдання.

Основним показником безпомилковості оператора в ЕСКЗ є ймовірність безпомилкової роботи. За аналізом статистичних даних цей показник розраховується за формулою [10]:

$$P_J = \frac{N_J - n_J}{N_J}, \quad (1.2)$$

де  $P_J$  — ймовірність безпомилкової роботи оператора;

$N_J, n_J$  — загальна кількість, операцій, що виконується  $J$ -го виду і допущених помилок оператора.

Для типових операцій, що повторюються, досить часто в ЕСКЗ, показником безпомилковості може бути інтенсивність помилок ( $\lambda$ ) оператора [78]:

$$\lambda_J = \frac{n_J}{N_J T_J}, \quad (1.3)$$

де  $T_J$  — середній час виконання операції  $J$ -го виду.

Безпомилковість оператора ( $P_{OH}$ ) під час виконання усього завдання дорівнює [78]:

$$P_{OH} = e^{-\sum_{i=1}^r \lambda_i \cdot T_i \cdot k_i}, \quad (1.4)$$

де  $k_J$  — кількість виконаних операцій  $J$ -го виду;

$r$  — кількість різних операторів.

Коефіцієнт готовності ( $K_{оп}$ ) характеризується включенням оператора в роботу в будь-який час [25]:

$$K_{оп} = 1 - \frac{T_0}{T}, \quad (1.5)$$

де  $T_0$  — час відсутності оператора на робочому місці або неможливості сприйняти нею інформацію;

$T$  — загальний час роботи оператора.

Відновлюваність ( $P_{відн}$ ) оцінюється імовірністю виправлення виконаної помилки оператора [12]:

$$P_{відн} = P_k \cdot P_n \cdot P_{вин}, \quad (1.6)$$

де  $P_k$  — ймовірність сигналу контролю;

$P_n$  — ймовірність виникнення помилкової дії.

$P_{вин}$  — ймовірність виправлення помилкових дій.

Основним критерієм своєчасності  $P_{св}$  є ймовірність виконання завдання оператором за час  $t_l$ .

$$P_{св} = P\{\tau < t_l\} = \int_0^{t_l} f(\tau) d\tau, \quad (1.7)$$

де  $f(\tau)$  — функція щільності розподілення.

Цю ймовірність можна визначити і за статистичними даними:

$$P_{св} = 1 - \frac{N_{нс}}{N}, \quad (1.8)$$



де  $N_{nc}$  — кількість несвоєчасно виконаних завдань;

$N$  — загальна кількість виконаних завдань оператором.

Існують фактори надійності оператора, врахування яких є важливим для підвищення відмовостійкості ЕСКЗ (рис.1.7) [78].

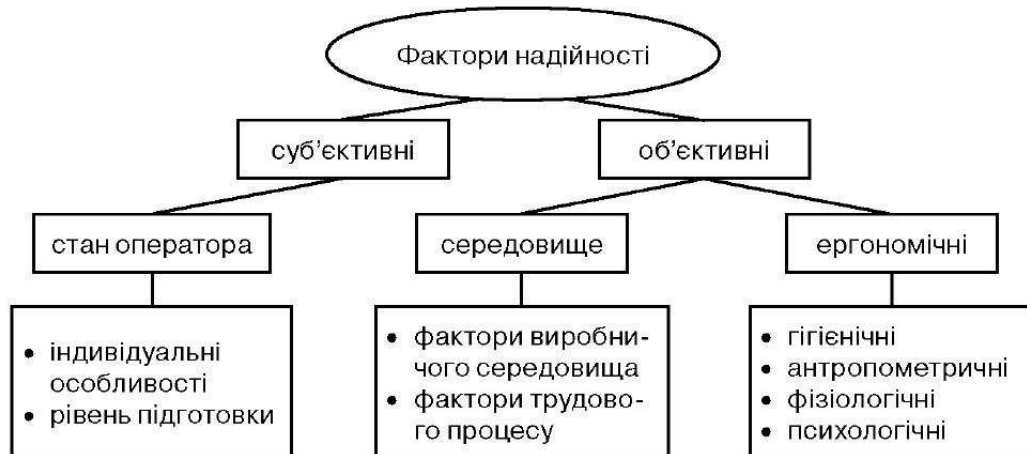


Рисунок 1.7 – Класифікація факторів, що впливають на надійність роботи оператора ЕСКЗ

Суб'єктивні фактори залежать від індивідуальних інформаційних характеристик оператора – РПГ, визначення якого базується на освітньо-кваліфікаційному рівні, як початковому стані оператора та періодичній підтримці цього стану; індивідуальному мотиваційному потенціалу, який оцінюється тільки на початку роботи оператора в ЕСКЗ і його функціонального стану. Виявляють нормальний, граничний і патологічний функціональні стани оператора в ЕСКЗ [17]. Кожен стан має свої ознаки, які можна визначити на основі індивідуальних психофізіологічних характеристик. Для оцінки функціонального стану оператора використовують характеристики поточних змін фізіологічних функцій (серцево-судинної та нервової систем), які частково характеризують функціональний стан оператора в ЕСКЗ.

Якщо рівень більшості психофізіологічних характеристик оператора після роботи вищий, ніж до роботи, то функціональний стан оператора є нормальним. Граничний функціональний стан проявляється у сповільненні

(погіршенні) індивідуальних характеристик професійних та психофізіологічних [5]. Патологічний стан характеризується функціональною недостатністю деяких важливих підсистем організму. Позитивні сигнали оператор може не сприймати, а негативні, навпаки, можуть провокувати дії [8], що призводять до помилок, а отже, сприяють виникненню аварійно-небезпечних ситуацій в ЕСКЗ, і тим самим знижують її відмовостійкість.

Індивідуальні характеристики оператора визначають на підставі [19]:

- безпомилковості;
- працездатності;
- витривалості й готовності до екстреного прийняття рішень;
- стійкості до перешкод;
- емоційної стійкості;
- відновлення працездатності під час відпочинку;
- багатоваріантності способів і прийомів роботи;
- гнучкості й здатності своєчасно змінювати стратегію дій.

Об'єктивні фактори надійності оператора поділяють на дві групи: середовищні й ергономічні [65].

До середовищних факторів належать фактори умов праці та фактори трудового процесу в ЕСКЗ. Під умовами праці в ЕСКЗ розуміють сукупність факторів виробничого середовища, що впливають на здоров'я і працездатність оператора.

Ергономічні фактори надійності оператора включають антропометричні, фізіологічні фактори [77].

Дослідження ергатичної складової в ЕСКЗ проводяться на основі системного підходу, що розглядає об'єкт як систему, в якій виділяються окремі елементи, внутрішні та зовнішні зв'язки, що впливають на функціонування інших елементів, при цьому цілі кожного з елементів

формується залежно від цільової функції системи.

Аналізуючи різні види помилок оператора, доцільно проаналізувати види діяльності оператора, які виділяють в ЕСКЗ [45]. У зв'язку з автоматизацією засобів виробництва, обслуговування і управління в ЕСКЗ виникла і диференціація дій оператора [87]. На сьогоднішній день виділяють п'ять класів діяльності оператора в ЕСКЗ [17]:

1) оператор-маніпулятор – керує роботами, маніпуляторами, тобто технічними системами, які підсилюють м'язову енергетику оператора або дублюють його рухи;

2) оператор -диспетчер, контролер – за роботою технічних систем, які працюють у реальному масштабі часу. Це класичний тип, до якого належать оператори спостереження за роботою радіолокаційної станції, диспетчери та контролери енергосистем, транспортних і залізничних систем. Для даного типу діяльності характерна праця з інформаційними і концептуальними моделями;

3) оператор-технолог – безпосередньо керує технологічним процесом, працює в режимі термінового обслуговування, виконуючи керуючі дії згідно з розробленими інструкціями, правилами, алгоритмами;

4) оператор-дослідник різних технічних приладів, технологічних процесів, який в процесі досліджень використовує сучасні інформаційні системи;

5) оператор-керівник, який управляє підрозділом або всією ЕСКЗ. Головна роль відводиться процесам керування іншими операторами. При цьому цей процес може здійснюватись як безпосередньо, так і опосередковано, через технічні системи, канали зв'язку. Цей клас операторів повинен не тільки досконало знати можливості технічних компонентів системи, а й враховувати психофізіологічні характеристики підлеглих операторів.

Виходячи з аналізу робіт Панова Д. Ю. і Зінченко В. П., характерною особливістю всіх класів діяльності операторів в ЕСКЗ є необхідність приймати рішення [65].

Результати досліджень помилок операторів, які спричинили різні види відмов в ЕСКЗ з 1994 по 2014 рр. показали, що найбільшу кількість допускають оператори-наглядачі, контролери, технологи та маніпулятори (рис.1.8).

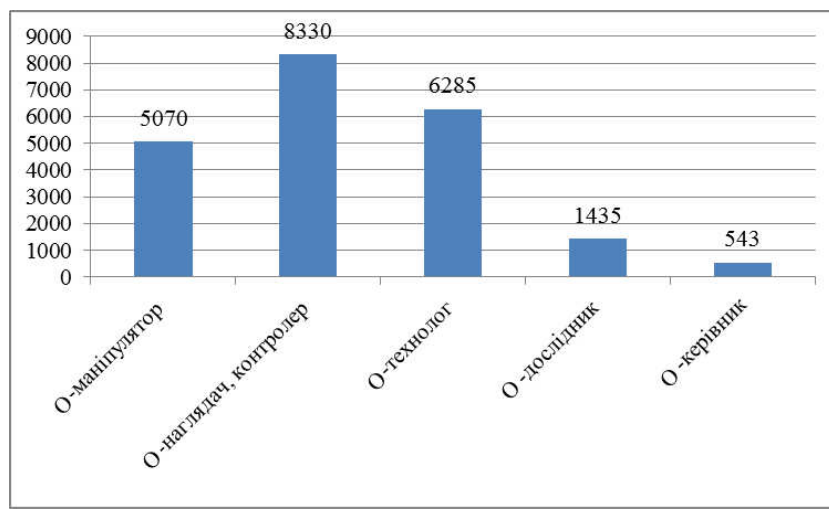


Рисунок 1.8 – Кількість помилок по причині операторів в ЕСКЗ

В більшості випадків, причинами виникнення відмов в ЕСКЗ названі помилки, які пов'язані з індивідуальними інформаційними характеристиками операторів. Згідно аналізу статистичних даних, на рисунку 1.9 представлено класифікацію впливу помилок оператора на відмовостійкість ЕСКЗ за 2001-2010 роки.

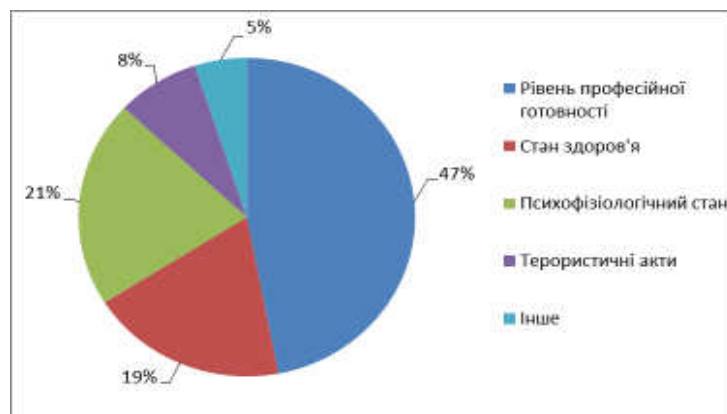


Рисунок 1.9 – Вплив помилок оператора на кількість відмов ЕСКЗ

Цими індивідуальними інформаційними характеристиками оператора є:

- недостатній рівень професійної готовності – 47 %;
- психофізіологічний стан – повільна швидкість реакції, відсутність мотивації до виконання професійних завдань, проблеми в колективі, в родині, невизнання керівництвом, незадовільні умови праці та ін. – 21 %.

Оскільки такі системи вимагають високого рівня відмовостійкості, то необхідно систематично підвищувати РПГ оператора і контролювати моменти зниження цього рівня. А оскільки відмови ЕСКЗ пов'язані і з психофізіологічними характеристиками оператора, то необхідно враховувати і їх.

### 1.3 Методи та моделі визначення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ

Сьогодні відома значна кількість досліджень, що враховують індивідуальні інформаційні характеристики оператора при оцінці РПГ, такі як забування, інертність, сприйняття та осмислення нової інформації тощо. При цьому вважається, що підвищити РПГ можна лише вдосконаленням методів і моделей. Такий підхід не забезпечить необхідного результату без відповідної теорії управління. Врахування особливостей процесу визначення РПГ як керованого процесу, вимагає його подання у вигляді відповідних математичних моделей об'єкта управління (оператора) і методів та моделей управління [56].

У більшості досліджень математична модель оператора в ЕСКЗ розглядається у вигляді «чорної скриньки», тобто автомата, що отримує деякі сигнали на вході і відповідає за них іншими сигналами на виході (рис. 1.10) [76].

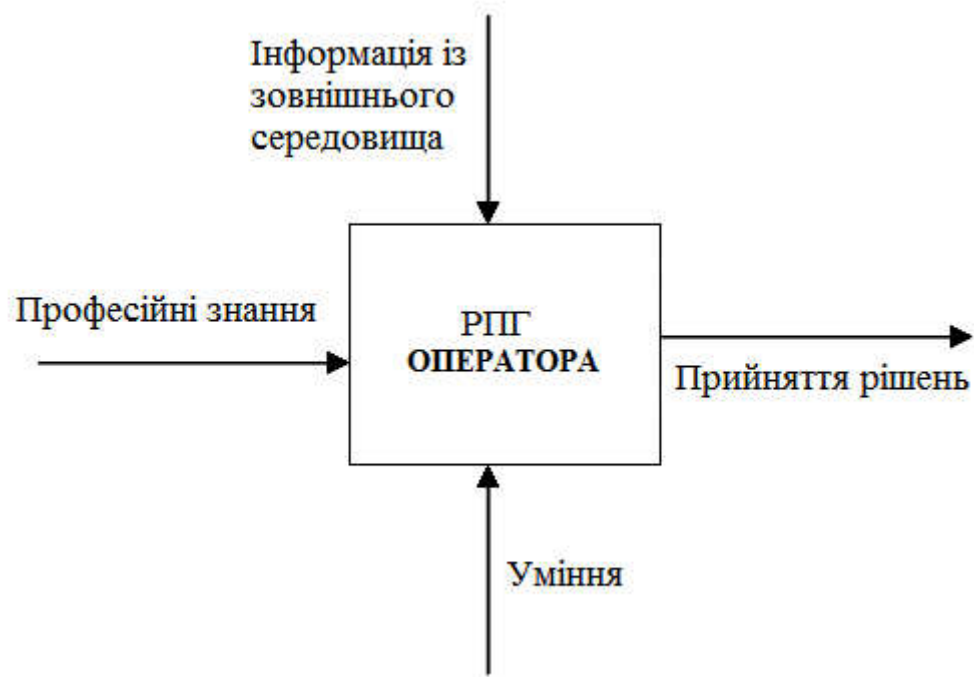


Рисунок 1.10 – Рівень професійної готовності оператора,  
як модель чорної скриньки

Взаємодія оператора із зовнішнім середовищем описується шляхом припущення: стимули, що надходять до оператора, визначаються подіями, що відбуваються в ЕСКЗ [11].

Першими дослідженнями РПГ в ЕСКЗ зайнялися експерти в галузі професійної психології через вивчення індивідуальних психофізіологічних характеристик оператора, таких як пам'ять та забування. У професійній психології термін РПГ – кількість професійних знань та умінь оператора, які необхідні для виконання ним функціональних обов'язків [7]. При цьому, з точки зору психології, важливу роль у процесі РПГ відіграє пам'ять оператора, а саме процеси запам'ятовування та забування, що характеризують кількість професійних знань оператора.

В результаті експериментів психологів, були отримані різні коефіцієнти і залежності, на основі яких були створені перші методи оцінки РПГ. Згідно методу Еббінгаузу, оператор забуває інформацію, бо не використовує її

певний час у процесі виконання професійних обов'язків в ЕСКЗ. Ще 1885 р. психолог Г. Еббінгауз знайшов експериментальну залежність [54], наведену на рисунку 1.11, з якого видно, що засвоєна оператором інформація найбільш швидко забувається в перші 20 хвилин.

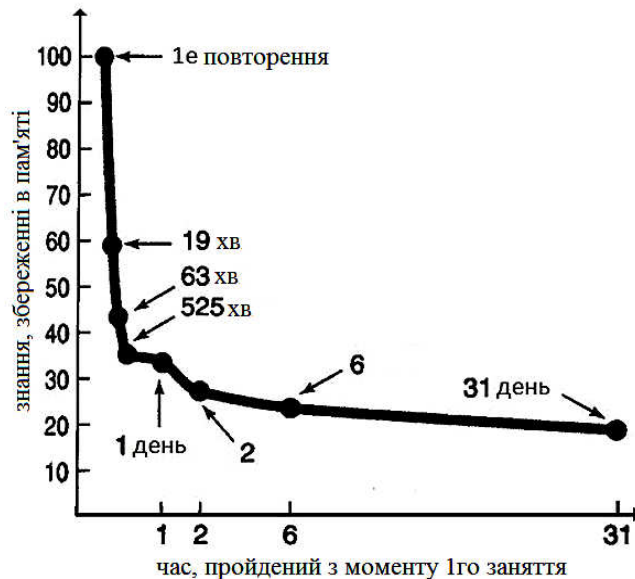


Рисунок 1.11 – Зміна кількості професійних знань оператора ЕСКЗ протягом часу

У роботі [56] вважається, що відсоток зміни в часі  $L$  засвоєної інформації можна апроксимувати залежністю:

$$L(t) = \frac{k}{\log t}, \quad (1.9)$$

де  $t$  – час, що пройшов з моменту запам'ятовування інформації оператором;

$k$  – коефіцієнт пропорційності.

Після закінчення певного часу елемент інформації забувається оператором. При цьому оператор, на заміну забутому елементу, вносить

новий, рівнозначний забутому. Оператор може знайти елементи, пов'язані із забутим, і на основі них заново знайти джерело інформації [7].

На відміну від Г. Еббінгауза, дослідженнями запам'ятовування професійної інформації займався і М. Джонс [8]. Після проведеного ряду експериментів ним було отримано криву, наближену до кривої Еббінгауза. Цей метод часто використовується при розробці спеціалізованих тестів, що дозволяє перевіряти РПГ оператора в ЕСКЗ, при цьому він враховує поточні професійні знання оператора. Недоліком цього методу є те, що невідомо в чому різниця показників поточних професійних знань оператора і залишкових і як розраховується кількість залишкових професійних знань оператора, невідомо масштабний коефіцієнт часу  $k$ , в яких межах та одиницях використовується в цьому методі.

Метод Міллера і Мак-Гілла. Перша умова методу полягає в тому, що при ймовірності запам'ятовування оператором менше  $\gamma_1 = 1$ , попереднє запам'ятовування  $i$ -го елемента збільшує цю ймовірність. Друга умова означає, що забування  $i$ -го елемента оператор не змінює ймовірність його запам'ятовування в наступному випробуванні. У даній моделі невідомими є параметри ймовірності  $p_i(0)$  і певної точки  $\gamma_1$ , (моменту визначення РПГ). Визначення параметру  $p_i(0)$  виконується за допомогою методу максимуму правдоподібності [78]:

$$1 - p_i(0) = \frac{X}{X_0}, \quad (1.10)$$

де  $X_0$  – число випробувань, що передують першому елементу процесу перевірки РПГ, а  $X$  – загальна кількість цих елементів в процесі визначення РПГ.

Параметр  $\gamma_1$  визначають з наступного співвідношення [76]:



$$\bar{T} \approx -\frac{\ln p(0)}{1-\gamma_1}. \quad (1.11)$$

Ця модель діє в ідеальних умовах і не враховує індивідуальні інформаційні характеристики оператора в ЕСКЗ, окрім РПГ в конкретний момент часу.

Терстоун запропонував визначення ймовірності зниження РПГ оператора, який використовує тільки параметр поточного РПГ  $\gamma$  та зміну його з часом  $(n+1)$ :

$$p(n) = \frac{\gamma}{n + \gamma}, \quad (1.12)$$

де  $p(n)$  – ймовірність зниження РПГ в момент перевірки  $n$ , який вимірюється в тижнях.

Ця залежність визначається одним параметром  $\gamma$ , який може бути отриманий зі співвідношення [80]:

$$\bar{T} \approx \sum_{n=0}^7 p(n) = \ln \frac{\gamma + 7,5}{\gamma - 0,5} \cdot \gamma \quad (1.13)$$

Недоліками є те, що на ймовірнісному рівні показники  $n$  та  $\gamma$  не пов'язані, а показник  $\bar{T}$  отриманий експериментальним шляхом обмежується кількістю тижнів ( $n = 7$ ).

Аналіз моделей визначення РПГ оператора через такі індивідуальні інформаційні характеристики, як запам'ятовування, забування, показав, що вони більше зорієнтовані на психофізіологічні характеристики оператора, а з професійної характеристики використовує тільки початковий стан РПГ оператора в ЕСКЗ та ймовірність його зміни.

Модель Буша-Мостеллера [54] для опису процесу визначення РПГ оператора в ЕСКЗ пропонують два математичні оператори:

$$q_i(n+1) = \begin{cases} \gamma_1 q_i(n) + (1-\gamma_1)\lambda_1, & \text{якщо } r_i(n) = 0 \\ \gamma_2 q_i(n) + (1-\gamma_2)\lambda_2, & \text{якщо } r_i(n) = 1; \end{cases} \quad (1.14)$$

де ( $i=1, \dots, N; n=0, 1, \dots, 0 \leq \gamma_1 < \gamma_2 \leq 1$ ) – кількість випробувань, які проведено для перевірки РПГ оператора;

$\gamma_1, \gamma_2$  – швидкість, з якою оператор може підвищити РПГ в діапазоні  $[0; 1]$ .

При цьому  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  є постійними точками, заданими згідно специфіки ЕСКЗ. Якщо  $q_i(t) = \lambda_j$  та ( $j=1, 2$ ), то  $q_i(t+1) = \lambda_j$ , тобто якщо ймовірність правильної відповіді оператора буде дорівнювати  $\lambda_j$ , то у наступних випробуваннях вона більше змінюватись не буде. У свою чергу  $\lambda_j$ , якщо при  $j=1, 2$ , то модель можна розглядати як своєрідні ваги. Тоді  $q_i(n_1)$  являє собою середньозважене  $q_i(n_1)$  та  $\lambda_1, \lambda_2$ .

Недоліками цієї моделі є оцінка РПГ оператора, починаючи з 0-го етапу, який невідомо як розраховується для одного оператор в ЕСКЗ. Експеримент показав, що ця модель оцінки РПГ розрахована на максимальний рівень, який дорівнює 40 % і невідомо чи є це максимальним рівнем в конкретній ЕСКЗ. Якщо виникає необхідність підвищити РПГ оператора, то необхідно частину професійних знань забути, а на їх місце поставити нові.

$$q_i(n+1) = \sum q_i(n-k) + \gamma_i q(n-k) + (1-\gamma_i)\lambda_1 + q(\lambda_{i+1} / \lambda_k), \quad (1.15)$$

де  $k$  – це поточні професійні знання оператора.

При проходженні спеціалізованого тестування в ЕСКЗ, якщо оператор не відповідає на питання, тобто  $r_n = 0$ , то

$$q_i(n+1) = (1-\gamma_i)\lambda_i + q(\lambda_{i+1} / \lambda_k). \quad (1.16)$$

Виходячи з цієї формули, можна сказати, що оператор має певний РПГ, але він ніяк не впливає на правильну відповідь.

Якщо припустити, що  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 = 0$  і  $\gamma_2 = 1$ , то

$$q_i(n+1) = \begin{cases} \gamma_1 q_i(n) + (1-\gamma_1), & \text{якщо } r_i(n) = 0 \\ q_i(n), & \text{якщо } r_i(n) = 1 \end{cases}, \quad (1.17)$$

де  $i = 1, \dots, N; 0 < \gamma_1 < 1$ .

Модель Халла базується на припущенні, що ймовірність низького РПГ оператора пов'язана з наступним співвідношенням [74]:

$$p_i(n+1) = \gamma \cdot p_i(n), \quad (1.18)$$

де ( $i = 1, \dots, N; 0 < \gamma < 1$ ), що є тими ж параметрами, що і в попередній моделі.

Параметр  $\gamma$  характеризує ступінь зменшення ймовірності низького РПГ у оператора в результаті запам'ятовування нового  $i$ -го елементу нової інформації в  $n$ -му випробуванні. Ця модель є логічним продовженням моделі Буша-Мостеллера. Невідомим є один параметр  $\gamma$ , який оцінюється наступним співвідношенням згідно [67]:

$$\bar{T} \cong \sum_{n=0}^{\infty} p(n) = \frac{1-\gamma^8}{1-\gamma}, \quad (1.19)$$

де початкова ймовірність дорівнює  $p(0)=1$ . Невідомо, чому саме ступінь зменшення ймовірності низького рівня у чисельнику використовується, як  $\gamma^8$ . Емпіричним шляхом, перевірка ймовірності низького РПГ в  $i$ -випробуванні показала для всіх операторів однаковий результат, що вказує на використання групового підходу, і не визначення РПГ окремого оператора

на початку випробування.

Кричевський у своєму дослідженні припустив гіпотезу, що початковий стан оператора в конкретній ЕСКЗ повинен бути визначений у перший день виконання професійних обов'язків і дорівнює  $A_1$ . Після підвищення РПГ оператора виникає «раптове покращення» [98]. Це так звана теорія стрибків. Стосовно процесу підвищення РПГ ця теорія полягає у тому, що на початку дослідження оператор не знає  $i$ -го елемента інформації і перебуває у стані  $A_1$ . Якщо, оператор запам'ятав  $i$ -й елемент  $i$  в деякому випробуванні  $n_1$  дає правильну відповідь під час спеціалізованого тестування, тобто переходить у стан  $A_2$ . Після цього протягом тривалого експерименту оператор дає тільки правильні відповіді, тобто не виходить зі стану  $A_2$ . У цьому випадку ймовірність правильної відповіді у спеціалізованому тесті має вигляд:

$$q_i(n) = \begin{cases} \gamma_1, & \text{якщо в } n\text{-му випробуванні СКІ з знаходиться у стані } A_1 \\ 1, & \text{якщо в } n\text{-му випробуванні СКІ з знаходиться у стані } A_2 \end{cases}. \quad (1.20)$$

Ця модель є моделлю з перехідним станом. Далі введено перехідну ймовірність зі стану  $A_1$  в стан  $A_2$  у  $n$ -му випробуванні:

$$P(A_2 \text{ при } n / A_1 \text{ при } n-1) = \gamma_2, \quad (1.21)$$

де  $\gamma_2$  – деякий параметр, і знаходиться в діапазоні  $0 < \gamma_2 < 1$ . Ймовірність переходу в стан  $A_2$  при  $n$ -му випробуванні визначається за умови, що в  $(n-1)$ -му випробуванні оператор перебував у стані  $A_1$ . В моделі невідомо, як оператор перейти з початкового стану  $A_1$  до  $A_2$ , і як при цьому зміниться показник РПГ.

Модель визначення ймовірності підвищення РПГ оператора за Рестлом використовується здебільшого під час розробки спеціалізованих тестів для перевірки РПГ оператора при виконанні професійних завдань, які імітують критичні ситуації, при цьому кількість спроб проходження одного і того ж тесту  $n = 7$  [88]. У моделі визначається ймовірність неправильної відповіді оператора наступним чином:

$$p(n) = \frac{(1-\gamma)^n}{\gamma + (1-\gamma)^{n+1}}, \quad (1.22)$$

де  $\gamma$  – невідомий параметр, оцінку якого можна отримати зі співвідношення:

$$\bar{T} \cong \sum_{n=0}^7 p(n) = \frac{\ln \gamma - \ln(\gamma + \sqrt{1-\gamma})}{(1-\gamma) \ln(1-\gamma)}. \quad (1.23)$$

Показник  $\bar{T}$  отриманий експериментальним шляхом, з обмеженою кількістю випробувань ( $n = 7$ ). Використання цієї моделі часто використовують для розробки системи тестів перевірки РПГ для класу операторів -керівників у вуглепереробній галузі ЕСКЗ [90]. Якщо ймовірність є близькою до нуля, то експеримент з проходження перевірки РПГ оператора є вдалим.

Для порівняння всіх вищерозглянутих моделей оцінки РПГ оператора в ЕСКЗ обчислимо залежність [54]:

$$\rho_i = \sum_{n=0}^{k-1} |\bar{T}(n) - \bar{T}_i(n)| \quad (1.24)$$

де  $i$  – номер моделі,  $i = 1, 2, \dots, 4$ ;  $k$  – число випробувань ( $k = 8$ );  $\bar{T}(n)$  – точки на експериментальній кривій оцінки РПГ;  $\bar{T}_j(n)$  – точки на теоретичній кривій оцінки РПГ, отриманій за допомогою,  $i$ -ої моделі. Результат порівняння показав, що модель Халла є найрезультативнішою, але вона дозволяє підвищувати РПГ оператора на потрібному для певної ЕСКЗ рівні, але не визначає момент зниження цього рівня [102]. Тому для використання цієї моделі у подальших розрахунках введено показник швидкості прийняття рішення оператора при виконанні професійних завдань  $\delta p_i(t)$  та показник мотивації оператора  $m$ . Таким чином, експертним шляхом, було отримано нову модель:

$$p_i(t+1) = \gamma p(t) + \delta p_i(t) + m. \quad (1.25)$$

Перевагою цієї моделі визначення РПГ оператора в ЕСКЗ є те, що вона враховує одну індивідуальну психофізіологічну характеристику – мотивацію, що є важливим при подальшому підвищенні РПГ з використанням індивідуального підходу до оператора [30]. А недоліком цієї моделі є те, що невідомо, в який момент часу оцінюється мотивація оператора в ЕСКЗ (на початку роботи оператора в ЕСКЗ або в момент проходження спеціалізованого тестування), і, в яких одиницях вимірюється. Окрім мотивації більше ніякі індивідуальні інформаційні характеристики оператора не використані.

Слід зазначити, що проведений аналіз методів та моделей оцінки РПГ оператора в ЕСКЗ показав, що більшість методів зорієнтована на професійну складову оператора – РПГ, а моделі – на деякі індивідуальні психофізіологічні характеристики оператора. Визначення психофізіологічних характеристик оператора, так само важливе, як і професійної складової, але визначення їх окремо один від одного, не дає можливість комплексно оцінити інформаційний профіль оператора в ЕСКЗ, що є важливим для підвищення

РПГ оператора за рахунок підвищення оперативності цього процесу, що в свою чергу, є важливим при розробці інформаційної технології (ІТ) підвищення відмовостійкості ЕСКЗ.

#### 1.4 Використання сучасних інформаційних технологій для підвищення відмовостійкості ЕСКЗ

Згідно [59] ІТ – це сукупність засобів і методів збору, обробки і передачі первинної інформації для отримання інформації нової якості (інформаційного продукту) про стан об'єкту, процесу або явища.

Процес підвищення відмовостійкості ЕСКЗ базується на таких етапах:

- отримання інформації про стан об'єкту (контроль стану);
- обробка інформації про стан об'єкту (аналіз стану);
- прийняття рішення про зміну стану об'єкту і розробка подальших дій для зміни цього стану [69].

Необхідність використання ІТ при підвищення відмовостійкості ЕСКЗ пов'язано зі зростанням кількості відмов в таких системах по причині людського фактору, а саме зниження РПГ [30]. Тому в даному пункті виконано аналіз ІТ підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок використання процедурних та комплексних тренажерів-імітаторів [17].

Тренажер-імітатор – це технічний пристрій, призначений для відпрацювання необхідних навичок і вмінь оператора або групи операторів у результаті побудови імітаційно-інформаційної моделі, складність якої змінюється залежно від етапу підвищення РПГ і вимог ЕСКЗ до такого оператора або групи операторів. [64].

До складу сучасних комп'ютерних тренажерів, як правило, входять: робоче місце оператора, оснащене імітаторами органів керування, індикації та іншого обладнання, адекватних наявним на штатних зразках; система

датчиків, аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів; локальна мережа, що пов'язує окремі тренажери-імітатори зразків техніки в комплексні тренажери; програмно-апаратний комплекс; динамічні платформи; робоче місце особи, що проводить процес підвищення РПГ, забезпечує процес тренування і контролює дії тих, кому підвищують РПГ; засоби зв'язку; система енергоживлення (рис. 1.12) [58].

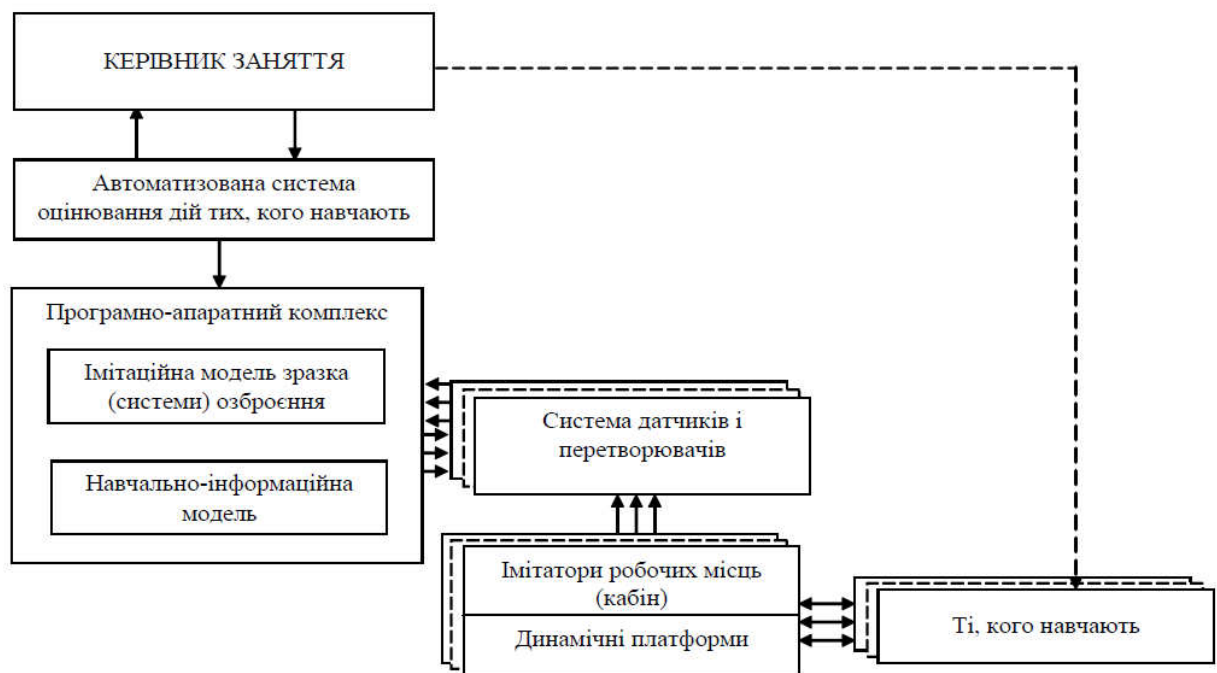


Рисунок 1.12 – Структурна схема комп'ютеризованого тренажера підвищення РПГ оператора в ЕСКЗ

Комп'ютеризований тренажер-імітатор – це система взаємодії оператора і програмно-апаратного комплексу, який імітує реальну ситуацію [45]. Програмно-апаратний комплекс з підвищення РПГ оператора складається з двох основних складових: навчально-інформаційної та імітаційної моделей. Навчально-інформаційна складова забезпечує процес підготовки змістовною частиною, тобто визначає, чому, в якому обсязі та як потрібно подавати інформацію оператору. Імітаційна складова призначена для отримання практичних навичок та для полегшення сприймання нової інформації



оператором.

При розробці інформаційної моделі підвищення РПГ оператора в ЕСКЗ часто використовують запропонований в [30,11] підхід на основі використання теорії графів [108]. Пропонується інформаційну модель підвищення РПГ зобразити у вигляді орієнтованого графа  $G$ , вершини якого  $A = (a_1, a_2, \dots, a_N)$  є інформаційними одиницями – фрагментами підвищення РПГ, що містять спеціальні діалогові структури, прийоми і завдання,  $N$  – кількість елементарних знань, навичок, які повинен запам'ятати оператор у процесі підвищення РПГ, а дуги  $B = \|\|b_{ij}\|\|_{N \times N}$  задають напрям руху від одного фрагмента до іншого в процесі підвищення РПГ оператора і визначають вид, характер і специфіку взаємодії між об'єктами (фрагментами підвищення РПГ), де  $i$  – номер вершини, з якої дуга виходить, а  $j$  – номер вершини, в яку дуга входить.

Інформація для підвищення РПГ сконструйована таким чином, щоб кожна вершина  $a_i$  графа  $G$  була пов'язана з підвищенням певного фрагменту в РПГ. Такий підхід цілком виправданий, оскільки практично всі курси чітко структуровані. Тоді метою підвищення РПГ є відображення повного графа предметної області в пам'яті оператора і вільне володіння ним для вирішення завдань при виконанні функціональних обов'язків. У найпростішому випадку матриця  $B$  визначає бінарний граф, що обмежує видачу навчальної інформації оператору [103].

Наведений граф визначається тією програмою підготовки, яка необхідна оператору. Орієнтація графа  $G$  при цьому повністю задає послідовність вивчення фрагментів програми підготовки. Якщо задати ваги дуг як час вивчення фрагмента програми підготовки  $b_{ij}$ , то задавши умову  $\sum_{i,j=1}^N b_{ij} \leq T$ , де

$T$  – загальний час, що відводиться на процес підвищення оператору його РПГ, дана модель дозволяє оптимізувати процес підвищення з урахуванням

складності фрагментів курсу програми підготовки [50].

Перевагою такої технології є простота та гарантоване проходження всього процесу за визначений на це час. Проте вона має суттєві недоліки: не враховуються індивідуальні інформаційні характеристики оператора; нова «порція» інформації подається незалежно від засвоєння чи незасвоєння попередньої інформації.

Більш досконалою є технологія підвищення РПГ з поточним самоконтролем, інформаційна модель якої наведена на рисунку 1.13 [59].

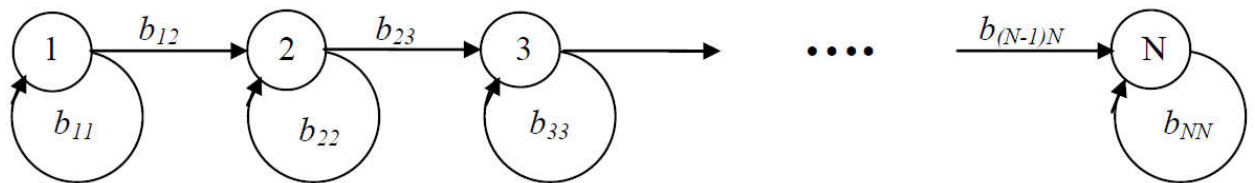


Рисунок 1.13 – Інформаційна модель навчання операторів з поточним самоконтролем

Відмінність її полягає в тому, що після засвоєння навчального фрагменту, оператор самостійно приймає рішення про перехід до нового.

У даній моделі дуги графа, що замкнені на вершинах, з яких вони виходять (дуги  $b_{11}$ ,  $b_{22}$  і т.д.), визначають, що оператор не переходить до наступного фрагменту, поки не засвоїть попередній [14].

Це зумовлено тим, що для успішного засвоєння складних операцій управління пультом (робота з пам'яттю, пошуком) оператор повинен твердо засвоїти прості операції управління пультом.

Загальним недоліком представлених на рисунках 1.12 та 1.13 інформаційних моделей є те, що вони передбачають лише підсумковий зовнішній контроль за РПГ після засвоєння всієї програми.

Даного недоліку позбавлена інформаційна модель підготовки операторів

з поетапним вивченням навчального матеріалу, зображена на рисунку 1.14.

Особливістю цієї інформаційної моделі підвищення РПГ оператора є те, що навчальний матеріал має більш складну ієрархічну структуру. Відображенням даної моделі в процесі підвищення РПГ є розбиття курсу на модульні одиниці, теми на навчальні групові заняття і т.д.

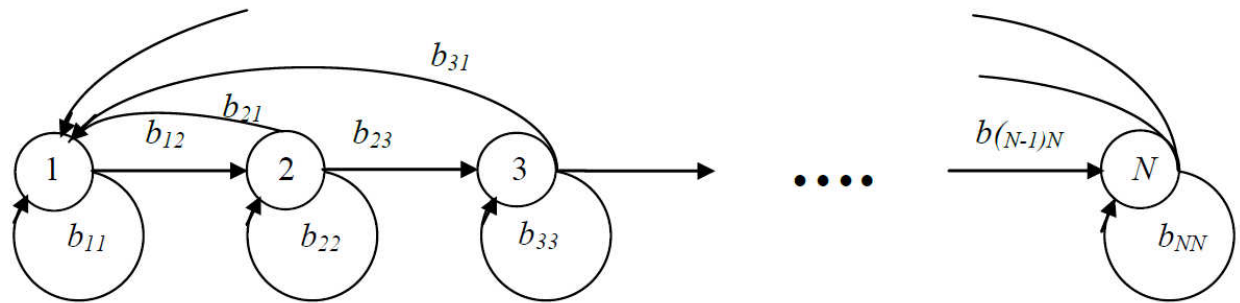


Рисунок 1.14 – Інформаційна модель навчання операторів з поетапним вивченням навчального матеріалу

У кінці вивчення кожного модуля проводиться контроль РПГ у оператора з боку керівника занять.

На підставі результатів контролю кожному з тих, кому підвищують РПГ, пропонують індивідуальне завдання на повторення попереднього матеріалу або проводяться повторні заняття з найбільш складних питань, які не засвоїла вся більша частина групи операторів.

Інформаційна модель, зображена на рисунку 1.14, більш складна порівняно з розглянутими вище, проте вона найбільш повно відповідає меті підвищення РПГ – отримання максимального обсягу нової інформації за визначений час.

Проведення зовнішнього поточного контролю РПГ оператора дозволяє вчасно виявляти недоліки в процесі підвищення РПГ та вжити заходів щодо їх усунення.

Важливим питанням при організації процесу підвищення РПГ за наведеною інформаційною моделлю є врахування фактора часу [105].

Подальше ускладнення інформаційної моделі за рахунок проведення зовнішнього контролю не дасть ефекту, а призведе до значного зростання навантаження на керівників занять, та буде потребувати більше часу на проведення групових контрольних заходів.

Тому при розробці інформаційно-імітаційної моделі підвищення РПГ оператора за основу взято інформаційну модель, зображену на рисунку 1.14.

Структура інформаційно-імітаційної моделі підвищення РПГ оператора ЕСКЗ зображена на рисунку 1.15.

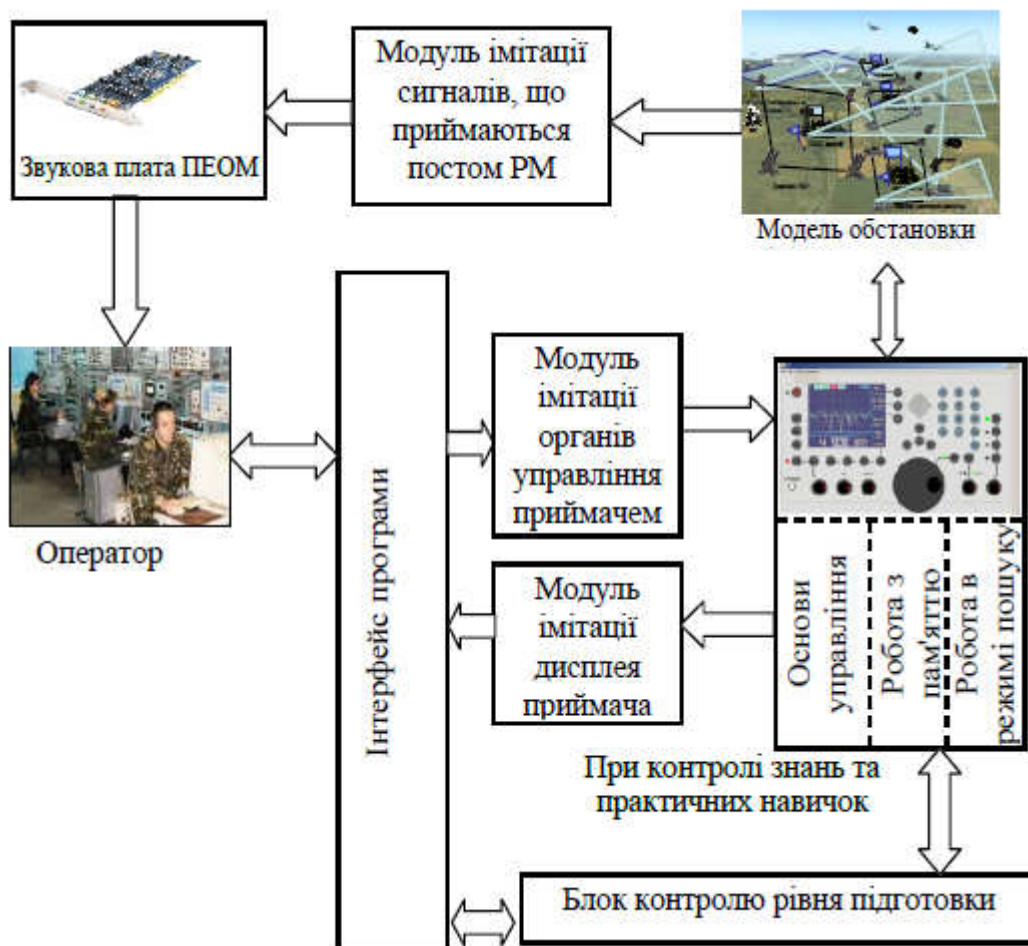


Рисунок 1.15 – Інформаційно-імітаційна модель підготовки операторів

Програмна реалізація цієї моделі по суті являє собою спеціалізоване програмне забезпечення, що призначене для підготовки оператора, контролю РПГ та навичок роботи при виконанні функціональних обов'язків [36].

Головною перевагою використання таких ІТ в процесі підвищення РПГ оператора в ЕСКЗ є те, що можна підвищувати цей рівень, контролювати його і, за умови видачі тренажером-імітатором результату «не готов», проводити підвищення ще раз. Ці технології враховують показник часу, необхідного на підвищення РПГ оператора. Але недоліком є те, що вони використовують стандартні методи, які не враховують оперативність процесу підвищення РПГ, що є важливим в класах ЕСКЗ, практично не використовують індивідуальні інформаційні характеристики оператора, що є важливим при формуванні його індивідуального інформаційного профілю і використанні його в ІТ підвищення відмовостійкості ЕСКЗ, за рахунок підвищення РПГ оператора, як ергатичної складової системи.

### 1.5 Висновки до розділу. Постановка мети та завдань дослідження

На підставі проведених досліджень в області підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки рівня професійної готовності оператора, аналізу моделей, методів та технологій, що забезпечують цей процес, можна охарактеризувати поточний стан проблеми.

1. Так, незважаючи на наявність великої кількості робіт, що охоплюють дану проблематику з різних точок зору, слід визнати, що:

- існуючі моделі, методи підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки рівня професійної готовності оператора не враховують індивідуальний інформаційний профіль оператора та не дозволяють формувати індивідуальні графіки перевірки та підвищення цього рівня;

- недостатня кількість інформаційних технологій підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування за рахунок підтримки рівня професійної готовності оператора не дозволяє в повній мірі оцінити цей процес.

2. У ситуації, що склалася, актуальними завданнями стають:

– розробка нових інформаційних моделей оператора ергатичної системи критичного застосування з урахування його індивідуального інформаційного профілю, який складається не тільки з оцінки професійних характеристик, а й психофізіологічних;

– розробка методів оцінки рівня професійної готовності операторів ергатичних систем критичного застосування, які враховували б індивідуальний інформаційний профіль;

– розробка нового методу визначення часу на підвищення рівня професійної готовності операторів ергатичних систем критичного застосування для реалізації індивідуального підходу до кожного оператора.

3. Загальне завдання дослідження формулюється, як розробка нового узагальненого методу підвищення рівня професійної готовності оператора на основі якого буде створено нову інформаційну технологію підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування за рахунок підтримки індивідуального рівня професійної готовності операторів.

4. Для розробки узагальненого методу, що дозволяє підвищити рівень професійної готовності оператора ергатичної системи критичного застосування для зменшення кількості відмов таких систем, були поставлені наступні наукові й практичні завдання:

розробка інформаційної моделі оператора у вигляді його індивідуального інформаційного профілю;

– розробка методу оцінки рівня професійної готовності операторів ергатичних систем критичного застосування з урахування їх індивідуального інформаційного профілю;

– розробка методу визначення індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності операторів ергатичних систем критичного застосування.

Результати дослідження розділу 1 опубліковано в роботах автора [16, 61, 63, 64].

## РОЗДІЛ 2

### ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРА ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

В загальному вигляді діяльність оператора в ЕСКЗ визначають так: людина повинна сприймати і оцінювати одержувану інформацію, приймати своєчасні та правильні рішення, виконувати необхідну контролюючу та виконавчу діяльність, оперуючи при цьому відповідними органами управління [12, 18, 57, 82].

Оператор позбавлений можливості безпосередньо спостерігати за об'єктами, якими управляє, і змушений користуватися інформацією, що надходить до нього каналами зв'язку, тобто людина має справу не з реальними об'єктами управління, а з їх відображенням або інформаційними моделями.

Інформаційна модель поділяється в таких системах на дві складові – на модель об'єкта та модель оператора. Інформаційна модель об'єкта – сукупність інформації про стан і функціонування об'єкта управління та зовнішнього середовища, тобто вона є тим джерелом інформації, на основі якого оператор формує образ реальної ситуації, аналізує та оцінює її і приймає рішення, що забезпечує правильну роботу ЕСКЗ. Фізично інформаційну модель об'єкта реалізують за допомогою пристроїв відображення інформації. Найважливішою особливістю роботи оператора з інформаційною моделлю об'єкта є необхідність зіставлення відомостей, отриманих за допомогою приладів, екранів, табло, як між собою, так і з реальними об'єктами, якими управляють. Якщо модель об'єкта неадекватно відображає реальність або не дозволяє оператору швидко і точно сприймати необхідні дані, то вона непридатна. Інформаційні моделі об'єктів сучасних ЕСКЗ в більшості випадків адекватно відображають об'єкти управління, але робота оператора з ними часто не відповідає вимогам точності та оперативності, що в результаті призводить до великого проценту виникнення відмов ЕСКЗ. Саме тому в роботі розглядається та досліджується інформаційна модель оператора в



складі ЕСКЗ [75, 76, 79, 92, 93].

## 2.1 Індивідуальний інформаційний профіль оператора в складі ергатичних систем критичного застосування

У загальному випадку діяльність оператора складається з чотирьох етапів: прийняття інформації, оцінка та переробка, прийняття рішення, реалізація прийнятого рішення [46, 94].

Сприйняття інформації охоплює наступні операції:

- виявлення об'єкта сприйняття;
- з'ясування в об'єкті окремих ознак, що відповідають завданню, поставленому перед оператором;
- ознайомлення з виділеними ознаками;
- дізнавання об'єкта сприйняття.

Другий етап – це оцінка інформації, її аналіз та узагальнення на основі раніше заданих або сформованих критеріїв оцінки. Оцінка виконується на основі порівняння сприйнятої інформаційної моделі об'єкта зі складеною у оператора внутрішньою образно-концептуальною «моделлю ситуації» (системи управління).

Образно-концептуальна модель в даному випадку – це результат осмислення оператором ситуації, що склалася, з урахуванням поставлених перед ним завдань. На відміну від інформаційної моделі об'єкта вона відноситься до внутрішніх психологічних засобів діяльності оператора.

До змісту образно-концептуальної моделі відносяться образи і моделі реальної і прогнозованої ситуації, знання сукупності можливих дій, пов'язаних з управлінням, а також уявлення про цілі та критерії функціонування ЕСКЗ, знання (відчуття) наслідків рішень, які приймаються. Співвідношення елементів інформаційної моделі об'єкта з образами і уявленнями, що входять до складу концептуальної моделі, є важливою ланкою переробки інформації оператором. Головна складність, яка виникає на цьому етапі, пов'язана з

проблемою індивідуалізації оператора, яку не враховують в сучасних моделях та методах направлених на підтримку його безпомилкової роботи.

Оператор в складі ЕСКЗ повинен мати можливість, здійснюючи мінімальну кількість запитів, отримувати інформацію про критичний (який вимагає негайного втручання) стан керованого об'єкта або процесу.

Прийняття рішення на основі проведеного аналізу інформаційної моделі об'єкта та образно-концептуальної моделі ситуації. У деяких випадках завдання оператора визначають за раніше заданим, відомим оператору алгоритмом рішення. При цьому акт рішення зводиться до вибору найкращого, оптимального варіанту.

Процес прийняття рішення оператором ускладнюється, якщо ситуація не передбачена заданим алгоритмом рішення. У цьому випадку взаємодія оператора з інформаційною моделлю об'єкта має вже дві мети – постановку самого завдання і пошук. Постановка завдання пов'язана зі спеціальним перетворенням інформаційної моделі об'єкта. Тому потрібно створювати такі моделі, які максимально полегшують сприйняття проблемної ситуації. Оператор також використовує інформаційну модель об'єкта для перевірки різних варіантів вирішення завдання. В процесі прийняття рішення оператор маніпулює перетвореною вхідною інформацією. Але від оператора вимагають формування образу, адекватного не тільки до реальної ситуації і конкретного завдання, що стоїть перед ним, але також і до тих способів вирішення таких завдань, які є в його пам'яті. Тому важливо вміти практично використовувати принцип узгодження інформаційної та концептуальної моделей при максимально можливому полегшенні умов діяльності оператора. Виконання прийнятого рішення за допомогою певної системи дій спираючись на свій індивідуальний рівень професійної готовності чи видання відповідних розпоряджень стосовно посадових інструкцій [44, 102].

Перші два етапи діяльності оператора умовно називають інформаційним пошуком, який охоплює також і пошук проблемної ситуації, а останні два – об'єднують поняттям обслуговування. Отже основною формою діяльності

оператора є використання та обробка інформації. У багатьох формах інтерактивної роботи в ЕСКЗ оператор повинен мати високий рівень професійної готовності та відповідний психофізіологічний стан.

Вважаючи помилку оператора, як відмову в роботі ергатичної складової ЕСКЗ, було розроблено інформаційну модель оператора, яка розглядається як індивідуальний інформаційний профіль оператора, який містить не тільки оцінку професійних, але і комплекс психофізіологічних характеристик (рис. 2.1). В роботі модель представлено у вигляді кортежу:

$$IM_{on} = \langle M, P, S, t_{zn}, TSP, W_i, W_j \rangle, \quad (2.1)$$

де  $M$  – мотиваційний потенціал;

$P$  – продуктивність;

$S$  – час витрачений на прийняття рішення;

$t_{zn}$  – показник часу зниження рівня професійної готовності;

$TSP$  – тип сприйняття інформації;

$W_i$  – ймовірність безпомилкової роботи;

$W_j$  – ймовірність своєчасного виконання завдання.

Слід відзначити, що всі зміни керованого об'єкта фіксуються за допомогою датчиків, сигнали від яких перетворюються і подаються до приладів, за якими спостерігає оператор. Оператор сприймає показання приладів, розшифровує їх, приймає рішення, виконує відповідні дії. Сигнал, що виникає в результаті дій оператора, перетворюється і надходить до керованого об'єкта, змінюючи його стан.

При оцінці інформації, діяльність оператора спрямована на аналіз та узагальнення сигналів, що надходять, для порівняння необхідного і дійсного стану ЕСКЗ. Оператор виконує дії, пов'язані із запам'ятовуванням, видобутком з пам'яті і розшифровкою інформації. Під час прийняття рішення оператор порівнює модель процесу, який відбувається, з базою даних, що міститься в

пам'яті системи "людина-машина", яка сформована на основі знань і вмінь, отриманих під час навчання та накопичення досвіду роботи, виробленого ним в процесі обробки інформації, що надходить [13, 56, 61].

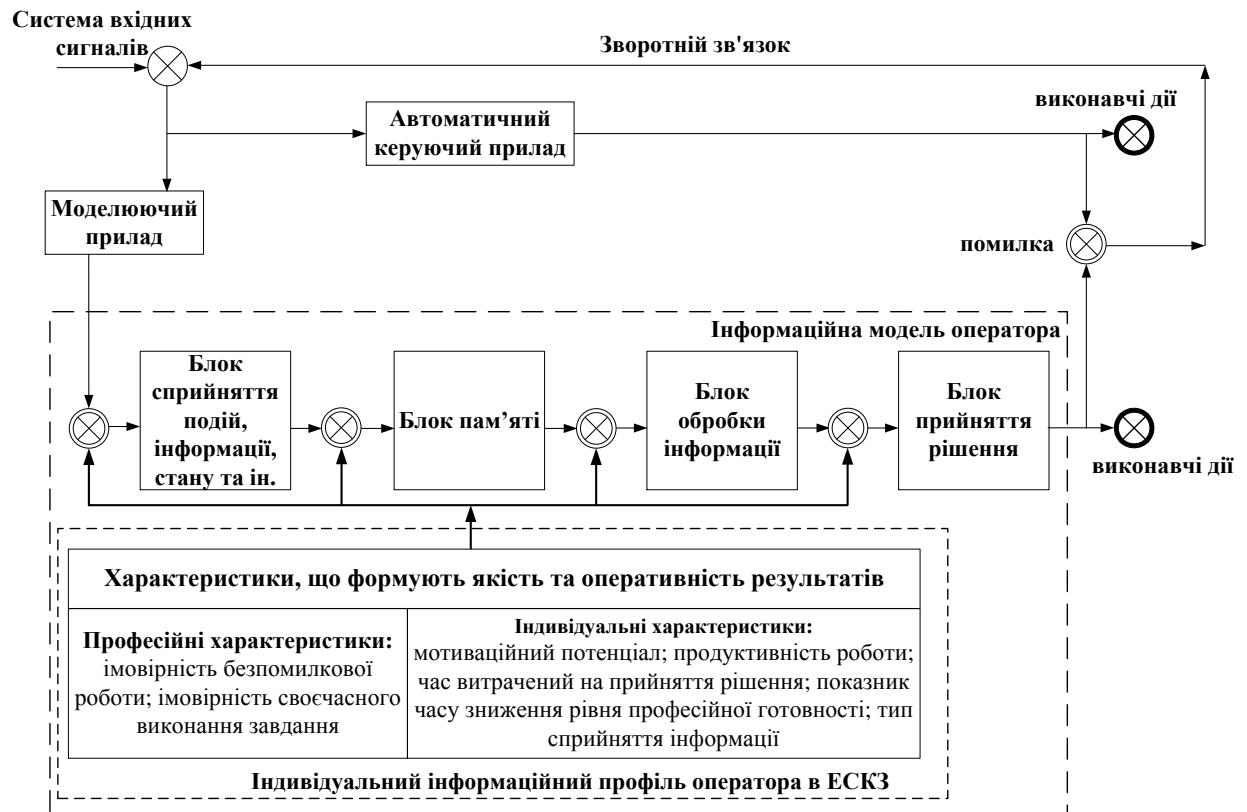


Рисунок 2.1 – Інформаційна модель оператора, як підсистема замкнутого контуру управління ЕСКЗ

Оцінка професійної складової та визначення комплексу психофізіологічних характеристик дозволить підвищити оперативність процесу підвищення рівня професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ.

За кількістю безпомилкових операцій визначається ефективність оператора як ланки ЕСКЗ. Основним показником безпомилковості є імовірність безпомилкової роботи [8]. Ця імовірність була розрахована, як на рівні окремої операції, так і на рівні алгоритму в цілому. За статистичними даними цей показник розраховується за формулою:

$$W_i = \frac{N_i - n_i}{N_i}, \quad (2.1)$$

де  $N_j$ ,  $n_j$  – загальна кількість, операцій, що виконується  $i$ -го виду і допущених помилок.

Також важливою характеристикою оператора для підвищення відмовостійкості ЕСКЗ є ймовірність своєчасного виконання завдання [87]. Цю ймовірність було визначено за статистичними даними:

$$W_j = 1 - \frac{N_{nc}}{N}, \quad (2.2)$$

де  $N_{nc}$  – кількість несвоєчасного виконання завдань;

$N$  – загальна кількість виконаних завдань.

Надалі, визначено кожну психофізіологічну характеристику оператора.

2.2 Методика визначення мотиваційного потенціалу та продуктивності оператора, як складових його інформаційного профілю

Незважаючи на існування величезного числа визначень мотивації, у більшості з них виділяються 3 основні її функції. Мотивація – це те, що енергетизує (або активізує), спрямовує і підтримує поведінку.

Слід зазначити, дослідження показали той факт, що підтримуюча функція мотивації пояснює, чому люди проявляють наполегливість у своїх зусиллях в досягненні цілей, а також, чому люди іноді втрачають хист до отримання нових професійних знань та вдосконалення існуючих тим самим підвищуючи свій рівень професійної готовності [35, 39].

Досліджуючи та аналізуючи саме оператора в складі ЕСКЗ на предмет виявлення його психофізіологічних характеристик, які певним чином впливають на процес забування інформації і зниження рівня професійної

готовності, було виявлено таке поняття, як трудова мотивація. Трудова мотивація – це процес стимулювання окремого виконавця чи групи людей до діяльності, спрямований на досягнення цілей організації, до продуктивного виконання прийнятих рішень або намічених робіт [43].

Це показує тісний взаємозв'язок управлінського та індивідуально-психологічного змісту мотивації, який ґрунтується на тій обставині, що управління технічними системами, на відміну від управління соціальною системою і людиною, містить у собі необхідний елемент узгодження ланцюгів об'єкта і суб'єкта управління, а саме оператора та його рівня професійної готовності.

Для мотивації оператора будь-якої ЕСКЗ в Україні необхідно виявити його глибокі мотиваційні потреби з єдиною ціллю – налагодити систему стимулювання, яка направлена на задоволення виявлених мотиваційних потреб.

Розроблена в роботі методика визначення мотиваційного потенціалу оператора включає два етапи. Перший етап полягає у виявленні мотиваційних потреб, другий – у вимірі ступеня задоволеності виявлених потреб. Для здійснення першого етапу розглянемо можливість використання такого інструментарію, яким є мотиваційний профіль. Цей профіль визначається за допомогою виявлення у оператора його ставлення до мотиваційних факторів, серед яких фактор матеріального характеру є лише одним з дванадцяти.

Спеціалісти з управління персоналом зазначають, що тільки 10-15% співробітників викладаються на 100%, незалежно від стану справ в ЕСКЗ, водночас більшість потребують постійної мотивації та підтримки [70, 83].

Тому тенденцією сучасного керівництва ЕСКЗ є переорієнтація від технократичних методів управління до методів, які впливають на свідомість і трудову поведінку оператора. Впливати на трудову поведінку оператора можна через поглиблений мотиваційний потенціал.

Щоб кожен з операторів мав бажання досягати мети ЕСКЗ в галузі

якості (вимога стандарту ISO 9001), він повинен бути до цього мотивованим, а ефективність мотивації залежить від особливостей оператора і насамперед від його ціннісних орієнтацій [66].

Проаналізувавши спеціалізовану літературу та відкриті публікації про мотиваційний потенціал підприємств, їх кадровий потенціал та інше [59, 66] було сформовано визначення мотиваційного потенціалу оператора – це наявність мотивованих операторів, стовідсотково виконуючих свої посадові інструкції та орієнтовані на досягнення цілей ЕСКЗ в цілому.

Визначення мотиваційного потенціалу оператора включає два етапи. Перший етап полягає у виявленні мотиваційних потреб, другий – у вимірі ступеню задоволеності виявлених потреб.

Оператору було запропоновано пройти спеціалізований тест, який допоміг визначити його відношення до дванадцяти мотиваційних факторів. Фактори було обрано в результаті проведеного глибокого аналізу різноманітних публікацій присвячених даному питанню та на основі коректного експертного аналізу.

Перелік факторів визначення мотиваційного потенціалу оператора з поясненням їх сутності представлено в таблиці 2.1.

Сама методика виявлення цих факторів для кожного оператора пов'язана зі спеціальним тестуванням. Коли оператор відповідає на питання цього тесту, він виражає свою думку з приводу того, який із наведених вище факторів для нього є значимішим за інший через кількість балів [19].

Для здійснення наступного етапу потрібно виявити в процесі опитування ступінь задоволеності потреб оператора для кожного фактора. Для цього запропоновано ступінь задоволеності фактора розмістити на шкалі від 0 до 1 з кроком 0,1. При цьому значення 0 – відповідає визначенню цілком незадоволений, а 1 – цілком задоволений.

Таблиця 2.1 – Мотиваційні фактори оператора в складі ЕСКЗ

№ фактору	Мотиваційні фактори	Сутність мотиваційних факторів
1	Фізичні умови праці	Потреба мати прекрасні умови праці та комфортне навколишнє середовище Потреба спілкуватися з багатьма людьми, мати тісні стосунки з колегами
2	Ризик при виконанні професійних обов'язків	Мінімізація виникнення ситуацій з ризиком для здоров'я або життя
3	Наявність страхової виплати у разі виникнення аварійної ситуації	Потреба мати чітко структуровану роботу, встановлені правила та директиви виконання
4	Висока заробітна плата	Потреба мати високу заробітну плату, матеріальні винагороди, набір пільг та надбавок
5	Структуризація та інформатизація роботи	Потреба ставити для себе складні цілі та досягати їх
6	Підвищення рівня професійної готовності	Потреба в постійних змінах, бажання постійно бути готовому до нових дій
7	Психологічна підтримка	Потреба формувати і підтримувати довгострокові стабільні стосунки з невеликою кількістю колег
8	Визнання керівництвом	Потреба в тому, щоб оточуючі цінували досягнення та успіхи індивідуума
9	Влада та впливовість	Прагнення керувати іншими, прагнення до конкуренції та впливовості
10	Можливість впровадження власних ідей	Бажання бути постійно думаючим працівником, відкритим до нових ідей
11	Самовдосконалення	Потреба в самовдосконаленні та розвитку особистості
12	Цікавість та перспективність роботи	Потреба мати суспільно корисну роботу



Для отримання достовірних результатів тестування оператори дотримувалися наступних правил:

- на питання відповідали швидко (на відповіді виділено пів години);
- оператори повністю зосереджувались на заповненні тесту, не відволікаючись на інші справи;
- при опитуванні у операторів підтримувався позитивний настрій.

Для подальшого аналізу необхідно бали, отримані під час спеціального тестування, також перевести на шкалу від 0 до 1. Для цього максимальний бал приймається за 1, а інші визначаються через відношення до нього (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Значимість та ступінь задоволеності оператора мотиваційними факторами в ЕСКЗ

Мотиваційні фактори оператора ЕСКЗ	Значимість фактору для оператора, (z)	Ступінь задоволеності оператора фактором, (q)
Фізичні умови праці	0,7	0,5
Ризик при виконанні професійних обов'язків	0,3	1,0
Наявність страхової виплати у разі виникнення аварійної ситуації	0,3	1,0
Висока заробітна плата	0,7	1,0
Структуризація та інформатизація роботи	0,4	1,0
Підвищення рівня професійної готовності	0,9	0,7
Психологічна підтримка	0,9	0,7
Визнання керівництвом	0,7	1,0
Влада та впливовість	0,9	0,5
Можливість впровадження власних ідей	0,8	0,5
Самовдосконалення	1,0	0,6
Цікавість та перспективність роботи	0,8	0,9

Мотиваційний потенціал оператора було визначено за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^{12} (z_i + q_i), \quad (2.3)$$

де  $z_i$  – значимість мотиваційного фактору для оператора;

$q_i$  – ступінь задоволеності оператора фактором,  $i$  – номер фактору.

Шкалу значень мотиваційного потенціалу представлено на рисунку 2.2. Підставивши у формулу значення таблиці 2.2, отримаємо значення мотиваційного потенціалу опитаного оператора, яке становить 18,4.

Отримані результати заносяться до індивідуального інформаційного профілю оператора та надаються для аналізу керівництву ЕСКЗ. Після проведення мотиваційних заходів через деякий час необхідно повторити експеримент.

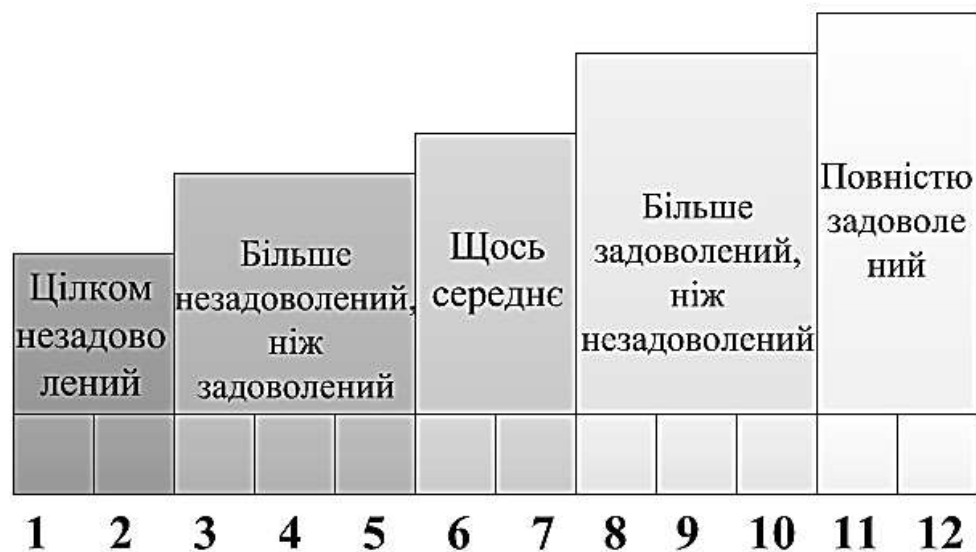


Рисунок 2.2 – Шкала визначення значимості мотиваційних факторів

Отримавши наведені вище результати, можна бути впевненим, що опитаний оператор мотивований. Але не можна гарантувати, що така ситуація триватиме довго. У людини може щось змінитись в особистому житті, може змінитись атмосфера оточення, може змінитись керівник, і тоді для працівника на перше місце виходять інші мотиваційні потреби, які раніше здавалися не

важливими. Тому керівництву необхідно не зупинятися на отриманих позитивних результатах, а відслідковувати мотиваційний потенціал, тому що від цього напряму залежить продуктивність роботи оператора, що безпосередньо впливає на якість роботи ЕСКЗ [36, 38].

Концепція людських ресурсів базується на розумінні оператора, як головної рушійної сили ЕСКЗ. Відповідно до цієї концепції основою роботи з кадрами за сучасних умов має бути не просто мотивація до високопродуктивної праці, а розвиток трудового потенціалу організації, підвищення конкурентоспроможності персоналу, комплексна мотивація трудової діяльності.

Слід зазначити, що саме для оцінки продуктивності оператора, яка впливає певною мірою на процес забування інформації, що надалі призводить до зниження рівня професійної готовності, за основу було обрано модель виконання. Ця модель була запропонована спочатку Вроомом, а потім Лоулером і Портером, як доповнення до моделей валентності і мотивації [23].

На основі моделі виконання в роботі було використано методику визначення продуктивності оператора. Методика визначення мотиваційного потенціалу може з успіхом прогнозувати продуктивність лише в тих видах діяльності, де рівень продуктивності залежить в першу чергу від зусиль або старання. Очевидно, що такий тісний зв'язок може мати місце лише в досить простих видах діяльності. Тим часом дослідження, що проводилися протягом декількох років, свідчать про те, що найважливішим фактором продуктивності, особливо в складних видах трудової діяльності, є рівень інтелектуальних здібностей, що підтверджує факт необхідності саме підвищення рівня професійної готовності оператора, які є головним чинником інтелектуального багажу оператора.

З цих же досліджень відомо, що мотивація не має значущих зв'язків зі здібностями, будучи незалежним чинником, що впливає на продуктивність. Методика визначення продуктивності намагається об'єднати обидва ці

фактори з тим, щоб збільшити прогностичну здатність теорії очікувань щодо ефективності працівників.

Для цього було введено додаткове поняття, здатність, під якою мається на увазі сприйняття індивідом своєї здатності до виконання завдань, що виникають у трудовій діяльності. Таким чином, під здатністю в даному випадку розуміється суб'єктивна оцінка працівником своїх здібностей, а не та об'єктивна оцінка, яка виходить в результаті використання тестів на загальні та професійні здібності. Розуміння здібності як суб'єктивного чинника дещо знижує прогностичну цінність методики визначення продуктивності, однак важко не погодитися з тим, що самооцінка своїх здібностей може надавати обмеження впливу на продуктивність, якщо вона, наприклад, занижена. З іншого боку, немає ніяких гарантій, що така оцінка в свою чергу не залежить від мотивації. У цьому випадку вона не буде суттєво покращувати прогнози продуктивності. Така методика цілком здатна їх дещо поліпшити, до того ж ніщо не заважає паралельно використовувати дані об'єктивних тестів.

Як і у випадку попередніх дослідів, для визначення продуктивності оператору пропонують шкалу з проханням оцінити свої професійні навички та вміння.

Для визначення продуктивності використовується оцінка, отримана з методу визначення мотиваційного потенціалу, яка помножується на самооцінку здібності, математична формула якої виглядає наступним чином:

$$P = \sum_{i=1}^{12} (z_i + q_i) \cdot A, \quad (2.4)$$

де  $A$  – самооцінка професійних здібностей оператора (визначається бальною оцінкою за шкалою від 0 до 1, з кроком 0,1).

Проведені експерименти та досліді показали, що методика визначення продуктивності базується на кількох припущеннях, формального опису яких

Вроом не приводив, але які містяться в його теорії в неявному вигляді. Цих припущень два [34].

По-перше, процес регуляції оператором своєї поведінки розглядається як процес вибору між різними їх варіантами, або альтернативами. Це означає, що у оператора завжди є вибір між наступними альтернативами: збільшити, знизити, або зберегти рівень зусиль, які він прикладає до виконання своєї роботи.

По-друге, такий вибір здійснюється на раціональній основі.

Це означає, що з трьох існуючих альтернатив (збільшувати, зменшувати, або зберігати колишній рівень зусиль) оператор буде вибирати ту, яка з найбільшою гарантією спричинить за собою максимальну кількість привабливих наслідків. Інакше кажучи, вона вибере ту альтернативу, яка характеризується найбільш ідеальним поєднанням рівня очікувань і валентності результату.

Такий підхід називається щодо прийняття рішень «стратегією максимізації корисності» і спирається на уявлення про те, що люди вважають за краще вибирати ті альтернативи, які приносять їм найбільші вигоди.

Зазначимо, що особливостями змістово-процесуального компонента забезпечення готовності оператора до професійного самовдосконалення є виявлення науково-теоретичних і практично-процесуальних знань і вмінь, які забезпечують реалізацію особистісно-професійного розвитку і рівня професійної готовності.

Відправною позицією в з'ясуванні сутнісного змісту рівня професійної готовності, спроможного здійснювати особистісно-професійний розвиток і корекцію у напрямі професійного самовдосконалення, максимально реалізуючи власний потенціал і досягаючи певних рівнів сформованої готовності до професійного самовдосконалення є інтегративний підхід, який передбачає, що результатом дослідження є знання про самостійну інженерну діяльність, аутопсихологічну компетентність й уміння їх реалізувати в процесі підвищення рівня професійної готовності.

Розроблена методика визначення мотиваційного потенціалу та продуктивності оператора апробовано на категорії операторів підприємства «ВКФ Кріопром ООО» та в «Херсонській дирекції залізничних перевезень Одеської залізниці».

Відділу по роботі з персоналом підприємств доручено надалі розвивати вищенаведені методики та їх апробацію з послідовним підключенням до цього процесу кадрової служби.

Результати розроблених методик визначення мотиваційного потенціалу операторів та її продуктивності було надалі використано в розробці методу визначення індивідуального часу для підвищення рівня професійної готовності оператора.

Слід відзначити, що використання методики визначення мотиваційного потенціалу, дозволяє виявити внутрішні резерви оператора для його розвитку та навчання, оскільки за допомогою мотивації можна впливати як на розвиток самої особистості оператора, так і на продуктивність його діяльності, що є дуже важливою прикладною задачею при підвищенні рівня професійної готовності.

### 2.3 Методика визначення часу на зниження рівня професійної готовності та часу витраченого на прийняття рішення

Зниження рівня професійної готовності оператора, яке виникає частіше за все через те, що оператор з часом забуває професійні знання, що впливає на безвідмовну роботу ЕСКЗ. Забування виявляється в тому, що втрачається чіткість запам'ятованого матеріалу, зменшується його обсяг, виникають помилки у відновленні, воно стає неможливим і, нарешті, унеможлиблюється впізнання. Забування – процес поступовий, завадою для нього є послаблення і порушення раніше утворених умовних зв'язків. Чим менше вони закріплені, тим швидше згасають і забуваються.

Як показують дослідження пам'яті, швидше забувається та інформація, якій належить другорядна роль у змісті діяльності. Протягом набагато тривалішого часу утримується інформація, що несе в діяльності головне смислове навантаження. Найвищі темпи забування мають місце відразу після заучування матеріалу.

При дослідженні показника часу забування великий внесок зробив відомий вчений Г. Еббінгауз [117]. Вперше, ним було розроблено методи дослідження запам'ятовування та забування, побудована крива зміни об'єму пам'яті в залежності від часу, що пройшов після запам'ятовування матеріалу. Експерименти Торндайка [107], пов'язані з навчанням, шляхом спроб і помилок, та досліди І.П. Павлова [58] щодо затухання умовних рефлексів підтвердили закон забування Еббінгауза. За дослідженнями Г. Еббінгауза в перші 12 годин після запам'ятовування забувається біля 60% матеріалу, після процес забування іде значно нижчими темпами і через 6 діб пам'ятається приблизно 20% початкового матеріалу.

Тому для кращого запам'ятовування матеріалу варто використовувати повторення.

Процес забування ґрунтується на явищі гальмування нервових зв'язків, що утворилися при запам'ятовуванні. Воно може відбуватися внаслідок діяльності, що передувала запам'ятовуванню або відбувалася після нього. В першому випадку гальмування буде проактивним, в другому – ретроактивним.

Ці явища пояснюють, наприклад, корисність розподілення повторень в часі, краще збереження початку і кінця матеріалу, стійкість того, що вивчено перед сном.

Таким чином, з'явилась основа для формалізації, де крива забування представлена у вигляді аналітичної залежності на рисунку 2.3.

На відміну від Еббінгауза та його послідовників, дослідженнями осмисленого матеріалу займався американський психолог М.Джонс. Після проведеного ряду експериментів ним було отримано криву наближену до кривої Еббінгауза.

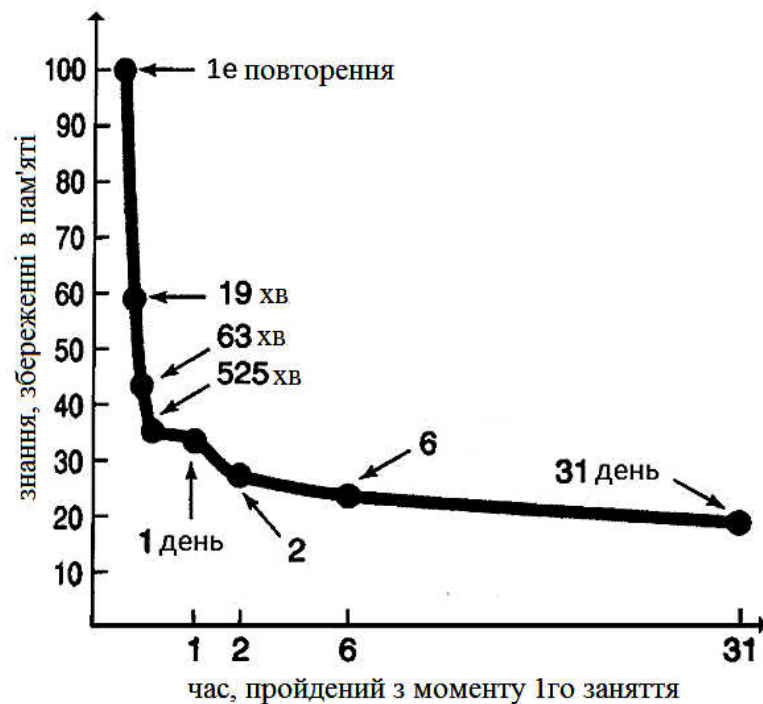


Рисунок 2.3 – Крива забування Еббінгауза

Зважаючи на досліди М. Джонса [72], припустимо, що процес забування матеріалу не безкінечний і по закінченні деякого проміжку часу в пам'яті суб'єкта містяться постійні залишкові знання, які більше не зменшуються з часом. Тоді лінійну ділянку на кривій забування можна приблизно представити у вигляді постійної величини.

Апроксимуємо залежність забування професійних знань оператора від часу за формулою:

$$V = (V_0 - V_k) \cdot e^{(-kt)} + V_k \quad (2.5)$$

де  $V_0$  – кількість питань кваліфікаційного тесту, прийнята за 100%;

$V_k$  – залишкові професійні знання оператора, %;

$V$  – поточний рівень професійної готовності оператора;

$k$  – масштабний коефіцієнт часу;



$t$  – оптимальний час після якого необхідно проводити підвищення рівня професійної готовності.

Для визначення часу зниження рівня професійної готовності в якості вихідних даних для розрахунку використовувались показники  $V_0$  і  $V_k$ , значення яких отримано емпірично, шляхом спеціалізованого тестування оператора ЕСКЗ.

Для показника час зниження рівня професійної готовності ( $t_{zn}$ ) задаємо абсолютну похибку  $\Delta V = V_{zn} - V_k$ , в проміжку  $[0,05; 0,3]$ , де  $V_{zn}$  – розрахункові професійні знання, які залишились в пам'яті оператора після закінчення  $t_{zn}$ . Обираємо  $\Delta V = 0,05$ .

Відомо, що експонента наближається до осі абсцис з похибкою  $\approx +0,05$  при  $t \in [3; 3,5]$ . Відповідно, для розрахунку  $t_{zn}$  використовуємо формулу:

$$\Delta V = e^{(-kt_{zn})}. \quad (2.6)$$

Звідки логарифмуючи, отримуємо:

$$t_{zn} = \frac{\ln(0,05)}{-k}. \quad (2.7)$$

Для розрахунку невідомого коефіцієнта  $k$  необхідно провести додатковий експеримент: задати довільне  $t$  і визначити, шляхом тестування, значення  $V$ . Надалі, перетворивши (4), розраховуємо  $k$ .

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{V - V_k}{V_0 - V_k}\right)}{t}. \quad (2.8)$$

Підставляючи  $k$  в (6) знаходимо  $t_{zn}$ .

$$t_{3H} = \frac{\ln(0,05) \cdot t}{\ln\left(\frac{V - V_k}{V_0 - V_k}\right)}. \quad (2.9)$$

Для апробації результатів перевірялось 117 операторів ЕСКЗ із розрахунку, що  $t = 4$  тижні. Використовуючи дані експерименту, за формулами (2.7) і (2.8) виконано розрахунок  $t_{3H}$ . Фрагмент результату експерименту наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку  $t_{3H}$  операторів ЕСКЗ

Дані експерименту			Дані розрахунку		
№ з/п	$V_0$	$V$	$V_k$	$t$	$t_{3H}$
1	100	77	71	4	7,6
2	100	70	68	4	3,9
3	100	97	94	4	17,3
4	100	69	65	4	5,5
5	100	75	61	4	11,7
6	100	95	92	4	12,2
7	100	73	70	4	5,2
8	100	97	95	4	13,1
9	100	95	87	4	24,8
10	100	89	82	4	12,7
...	...	...	...	...	...
93	100	88	83	4	12,8
Середнє значення	100	83,7	78,5	4	12,2

Виходячи з експерименту, середній час зниження рівня професійної готовності операторів ЕСКЗ дорівнює 12,2 тижня.

Для перевірки достовірності отриманих результатів через 12 тижнів після процесу підвищення рівня професійної готовності провели повторну

перевірку операторів, яка показала, що результати майже не змінились.

Користуючись даними, отриманими коректним експертним шляхом та даними з професійно-кваліфікаційних джерел та відкритих публікацій було визначено, що в середньому процес підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ потрібно проводити приблизно від 6 до 18 тижнів.

Слід зазначити, що процес підвищення рівня професійної готовності залежить також від змісту діяльності ЕСКЗ, її організації та умов, за яких вона відбувається. Причиною, яка знижує рівень, може бути негативна індукція, зумовлена змістом матеріалу.

Схожий, складний матеріал попереднього заняття ускладнює утворення нових тимчасових нервових зв'язків, знижує ефективність запам'ятовування. Для тривалого утримання в пам'яті інформації важливо від самого початку забезпечити міцне її запам'ятовування і закріплення шляхом повторення в перші дні після того, як вона була отримана.

Слід відзначити, що час реакції оператора є складовою частиною загального операційного часу ЕСКЗ. Час реакції залежить від того, наскільки операційний час системи впливає на виконання поставленої задачі.

Для деяких систем вимоги щодо часу не мають важливого значення, але для ЕСКЗ загальний операційний час для успішного виконання задачі є визначальним [89]. Результати досліджень часу реакції оператора на світлові подразники можуть бути використані для професійного відбору і профорієнтації, тому що вони дозволяють виявити людей з уповільненою реакцією, яким не можна доручати операції, де від швидкості реакції залежить вирішення тієї чи іншої задачі.

Перші дослідження часу довільної реакції людини були проведені ще на початку XIX століття астрономами. Необхідність у цьому виникла після того, як було виявлено, що показання спостерігачів, які визначають момент проходження зірки через меридіан, різні. Аналіз таких даних, накопичених на протязі декількох років, показав, що помилки спостерігачів не є випадковими,

а залежать від індивідуальної швидкості реагування спостерігача.

Рівень професійної готовності оператора до керування процесом можна визначити за його здатністю реагувати на різні подразники. Швидкість реакції на сигнали різної модальності є показником стану нервової системи людини. В якості критерію швидкості реакції в роботі було обрано час, витрачений на прийняття рішення (секунди), тобто час від моменту реагування оператора на сигнал (початок відповідей на питання спеціалізованого тесту) до моменту закінчення керуючих впливів (вибір правильної відповіді):

$$S = \frac{t_{cp}}{n} \cdot N, \quad (2.10)$$

де  $n$  – відсоток правильних відповідей оператора на питання спеціалізованого тесту, %;

$N$  – кількість питань спеціалізованого тесту перевірки рівня професійної готовності оператора, прийнята за 100 %;

$t_{cp}$  – середній час, витрачений оператором на правильні відповіді спеціалізованого тесту, с.

Враховуючи вищезазначені індивідуальні психофізіологічні характеристики, як складові інформаційного профілю оператора в ЕСКЗ, запропоновано вдосконалити метод оцінки рівня професійної готовності оператора.

#### 2.4 Метод оцінки рівня професійної готовності оператора в складі ергатичних систем критичного застосування

Оскільки процес підтримки рівня професійної готовності – це динамічний процес, який включає всі інформаційні процеси і таку психофізіологічну характеристику як забування, враховуємо залежність цієї

характеристики від рівня професійної готовності оператора. Спираючись на досліді Г. Еббінгауза [117] в роботі було визначено коефіцієнт часу зниження рівня професійної готовності оператора :

$$k = \frac{V_k \cdot S \cdot I}{F \cdot \log(t) \cdot V_0}, \quad (2.11)$$

де  $V_k$  – залишкові професійні знання;

$I$  – коефіцієнт зацікавленості ( $I = 0,88 \cdot M$ );

$F$  – коефіцієнт забування ( $F = 0,768$ , згідно Еббінгауза);

$t$  – оптимальний час, після якого необхідно проводити повторний процес підтримки рівня професійної готовності;

$V_0$  – кількість питань спеціалізованого тесту для перевірки рівня професійної готовності, прийнята за 100 %.

Оскільки в роботі запропоновано індивідуальний підхід з урахуванням індивідуального інформаційного профілю оператора, необхідно визначити оптимальний об'єм подачі інформації для оператора у процесі підвищення його рівня професійної готовності. Зважаючи на досліді М. Джонса, припустимо, що процес забування інформації оператора не безкінечний, і по закінченні деякого проміжку часу у оператора формуються залишкові професійні знання, які характеризують рівень його професійної готовності в ЕСКЗ і більше не зменшуються з часом. Спираючись на результати дослідів Г. Еббінгауза та М. Джонса [93, 117], апроксимуємо залежність забування від часу та оцінимо рівень професійної готовності оператора:

$$V = (V_0 - V_k) \cdot e^{\left(-\frac{V_k \cdot S \cdot I}{F \cdot \log(t) \cdot V_0} \cdot t\right)} + V_k \quad (2.12)$$

Надалі цей метод було використано для вирішення задачі індивідуальної подачі інформації в діапазоні часу засвоєння професійних знань оператором для підтримки рівня його професійної готовності.

Для підтвердження достовірності методу оцінки треба знайти оцінки для математичного сподівання і дисперсії генеральної сукупності отриманих значень, щоб вони задовольняли властивості спроможності, незміщеності і ефективності. Оцінкою для генеральної середньої було обрано вибірккову середню:

$$M^*(x) = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.12)$$

Запропонований метод оцінки згідно закону великих чисел по Чебишеву [99] при  $n \rightarrow \infty$  збігається по ймовірності до математичного сподівання  $\bar{x}_{n \rightarrow \infty} M(x) = a$ , тобто задовольняє спроможність.

– перевірка незміщеності:

Метод також є незміщеним, тобто:

$$M(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n a}{n} = \frac{na}{n} = a. \quad (2.14)$$

дійсно,

$$M(\bar{x}) = M\left[\frac{\sum x_i}{n}\right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M(x_i) = \frac{a \cdot n}{n} = a. \quad (2.15)$$

– перевірка ефективності:

Для ефективності використано оцінку дисперсії дослідів [74], та обрано вибірккову дисперсію:

$$D^*(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}. \quad (2.16)$$

Це показує, що запропонований метод оцінки задовольняє умову спроможності і є ефективним.

Для апробації результатів було визначено об'єкт, обсяг і структуру експериментальних досліджень, які виконувались у вигляді системи спеціалізованих тестів закритого типу в два етапи: 1) лабораторні дослідження операторів в рамках ЕСКЗ; 2) дослідження студентів вищого навчального закладу на робочих місцях за тією ж самою технологією, що і операторів у лабораторних дослідженнях. Мета вибору таких груп для досліджень – порівняти прояв професійних якостей у оператора (диспетчерів залізничного транспорту, операторів у повітря-розподільних системах та ін.) та непрофесійних – студентів; виявити специфічні та загальні психофізіологічні характеристики, необхідні для виконання діяльності когнітивного типу, характерної для професій, пов'язаних з прийняттям рішення в рамках ЕСКЗ. У всіх тестах було зареєстровано час розв'язання кожного завдання в секундах, правильну (очікувану) і реально введену відповіді. Результати наведено на рисунках 2.4 та 2.5.

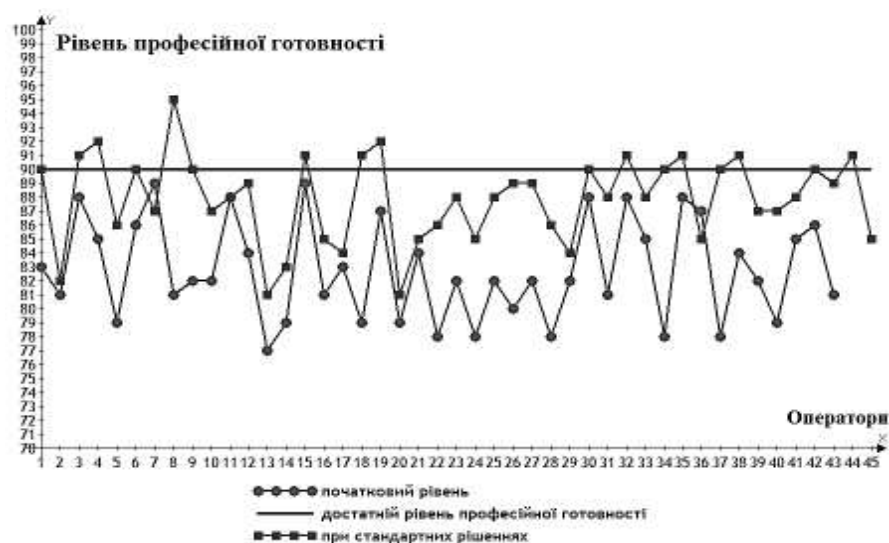


Рисунок 2.4 – Показники рівня професійної готовності операторів при стандартних рішеннях

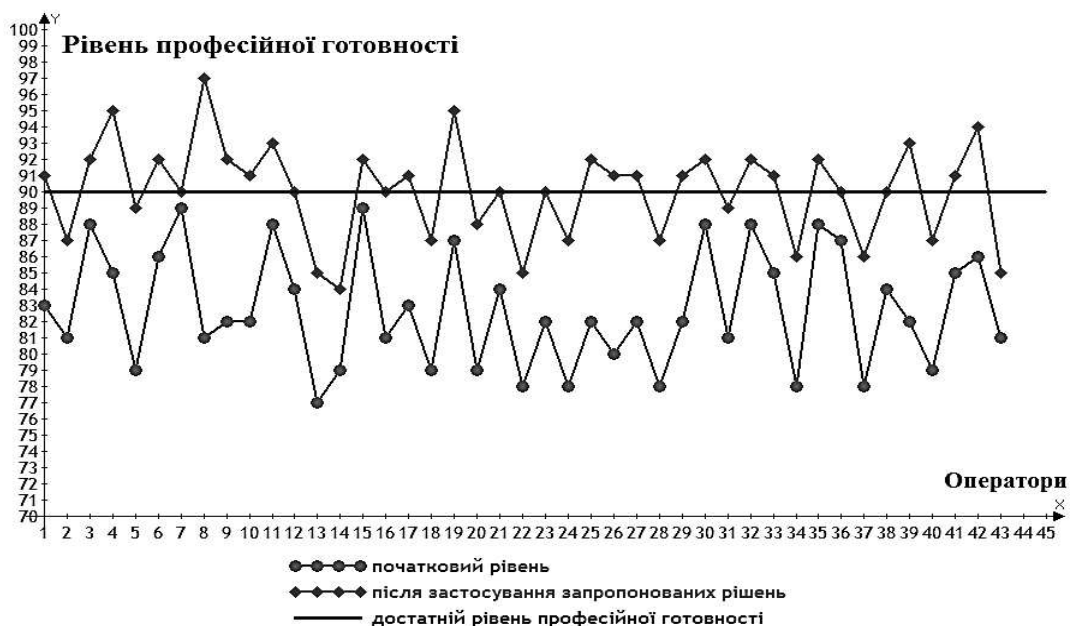


Рисунок 2.5 – Показники рівня професійної готовності операторів при запропонованих рішеннях

Загальні показники ефективності щодо проведених досліджень показано на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Показники ефективності запропонованих рішень



Виходячи з експерименту, середній час зниження рівня професійної готовності оператора дорівнює 12 тижням. Було проведено ряд експериментів: кількість операторів – 117 осіб (працівники Херсонської дирекції залізничних перевезень Одеської залізниці). Визначено кількість операторів з достатнім ( $\geq 90\%$ ) та недостатнім рівнем професійної готовності. Проведено різні заходи щодо підтримки рівня у операторів з низькими показниками при стандартних рішеннях та при запропонованих в роботі рішеннях.

## 2.5 Висновки до другого розділу

Враховуючи вищезазначене слід зауважити, що виникає складність використання запропонованих методик та методів на практиці через відсутність штату спеціально підготовлених фахівців із психологічною освітою. Однак, використовуючи запропоновану інформаційну модель оператора і, розглядаючи її як індивідуальний інформаційний профіль, стало можливим відстежувати час зниження рівня професійної готовності та враховувати показники індивідуальних характеристик оператора з інформаційного профілю, що дало змогу підвищити рівень професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ та оперативність цього процесу.

Для покращення процесу підвищення рівня професійної готовності оператора необхідно впроваджувати моделі та інформаційні інструментальні засоби, здатні витягувати з загальної бази знань персоніфіковану інформацію і визначати індивідуальний час на процес підвищення рівня професійної готовності оператора. Запропонований підхід дозволить спроектувати і реалізувати варіативний підхід при прийнятті рішення щодо вибору індивідуального часу на процес підвищення рівня професійної готовності оператора і створення електронної інформаційної системи підбору для нього індивідуальної програми. Основні результати цього розділу опубліковані в [60,65, 66].

## РОЗДІЛ 3

### ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ГОТОВНОСТІ ОПЕРАТОРА

На будь-якій стадії розробки інформаційної моделі оператора доцільно мати певну підсистему засобів допомоги, яка передбачає інформаційну підтримку діяльності оператора в ЕСКЗ. До теперішнього часу відома досить велика кількість робіт, присвячених дослідженням різних моделей, що імітують дії експерта [25, 32, 37, 38, 55]. При побудові моделей використовуються самі різні математичні теорії, такі, як теорія інформації, теорія масового обслуговування, теорія автоматів, теорія статистичних рішень, теорія нечітких множин, векторна оптимізація. Результати аналізу існуючих засобів створення моделей дозволили зробити висновок про те, що на сьогоднішній день відсутні математичні формалізми, здатні повністю формалізувати дії експерта.

В даний час в області інформаційних технологій направлених на підвищення рівня професійної готовності з метою зменшення кількості відмов ЕСКЗ не існує методів, які повністю відображають дії експерта. Тому в роботі для визначення індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ застосовувався коректний експертний аналіз, на основі якого розроблено метод визначення індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності з урахуванням сформованого індивідуального інформаційного профілю оператора та з використанням апарату нечіткого логічного виводу [54, 58, 85, 86].

#### 3.1 Метод визначення індивідуального часу для підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ

При формуванні індивідуального інформаційного профілю оператора в ЕСКЗ ключовим питанням є сам процес отримання знань, коли відбувається

перенос компетентності експертів на менторів, які займаються моніторингом та підвищенням рівня професійної готовності оператора. Отримані результати в ході експертного оцінювання та результати аналізу оператора в ЕСКЗ з метою визначення факторів, що впливають на рівень професійної готовності, було використано при розробці методу.

Завдання побудови методу визначення індивідуального часу для підвищення рівня професійної готовності оператора відноситься до класу слабоструктурованих. Для вирішення завдань цього класу успішно використовують системи підтримки прийняття рішення (СППР) [14, 95, 102].

Особою, що приймає рішення (ОПР) є керівник, що має потребу в розробці нових підходів для підвищення рівня професійної готовності оператора і постійно займається моніторингом якості цього рівня. В свою чергу процеси підвищення рівня професійної готовності оператора вимагають ідентифікації типу інформаційної моделі оператора для вдалого підбору індивідуальної програми на процес підвищення. Враховуючи суб'єктивний фактор кожного оператора практично не можливо точно встановити тип інформаційної моделі.

Специфіка вибору моделі прийняття рішення (ПР), призначеної для моделювання рішень досвідченим ОПР-керівником на трудноформалізуючих етапах проектування експертної системи полягає в наступному.

По перше, оскільки розглядаються досить складні етапи процесу підвищення рівня професійної готовності оператора, то в силу принципу несумісності вони в меншій мірі піддаються точному кількісному опису, а отже, більша частина інформації про стратегії ПР (яка представлена в словесній формі) виходить безпосередньо від ОПР-керівника [58,93,103].

Це вимагає використання в ПР відповідного апарату – теорії нечітких множин та алгоритмів [41, 47, 110]. По друге, оскільки розробляються алгоритми ПР призначені для оперативного проектування ЕС, тобто повинні працювати в реальному часі, то застосування точних методів оптимізації, як правило, виключається, внаслідок їх трудомісткості. По третє, та обставина,

що алгоритми повинні працювати в якості «порадника» ОПР-керівника, висуває до них вимогу враховувати якісну інформацію, представлену в лінгвістичній формі, яка надходить від експертів. При описі процесів ПР на трудноформалізуючих етапах проектування СППР, структурну схему якої представлено на рисунку 3.1, будемо виходити з таких положень. Процес ПР характеризується кількома вхідними та вихідними параметрами. Інформація про стратегії ПР в типових, еталонних ситуаціях, одержувана від ОПР-керівника, описується системою умовних висловлювань в термінах лінгвістичних і нечітких змінних, що встановлюють зв'язок між вхідними та вихідними параметрами процесу підвищення рівня професійної готовності оператора [94, 98]. Чим більш детальну інформацію отримає ОПР-керівник, тим більш визначеними стають строки і якість проектування ЕС [19, 54, 59].

Для вирішення задач такого типу в роботі було використано апарат нечіткого логічного виводу, за допомогою якого стало можливим встановити тип і більш детально розробити метод визначення індивідуального часу для підвищення рівня професійної готовності оператора, та для подальшої його реалізації.

Слід зазначити, що для побудови методу визначення індивідуального часу для підвищення рівня професійної готовності оператора було прийнято рішення застосувати методи переносу природного інтелекту експертів у систему ідентифікації інформаційної моделі оператора [70].

Так, у результаті анкетування та тестування оператора і, враховуючи експертні дані, було встановлено, що розроблений метод на основі апарату нечіткого логічного виводу має п'ять вхідних змінних:  $t_{zn}$  – «Час зниження рівня професійної готовності»,  $V$  – «Рівень професійної готовності»,  $M$  – «Мотиваційний потенціал»,  $P$  – «Продуктивність»  $S$  – «Час, витрачений на прийняття рішення» та одну вихідну змінну:  $t_{np}$  – «Індивідуальний час на підвищення рівня професійної готовності» (рис. 3.1).

На першому етапі механізму нечіткого логічного виводу необхідно

виконати фаззифікацію, привести значення до нечіткості. Для чого була проведена експертна оцінка змінних і визначено лінгвістичні терми (ЛТ) для кожної з них та відповідні кусочно-безперервні функції належності (таб.3.1-3.5 та рис. 3.2-3.6) [52, 91].

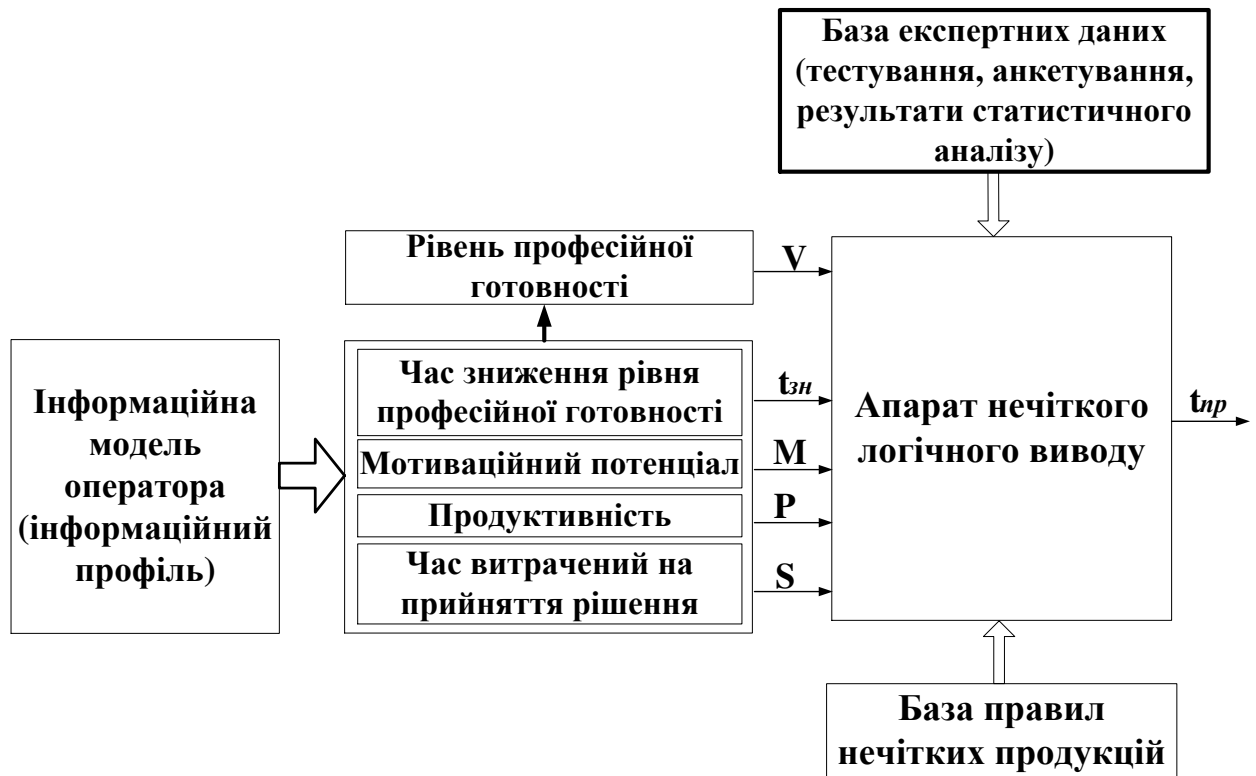


Рисунок 3.1 – Структура методу для визначення індивідуального часу на процес підвищення рівня професійної готовності оператора

Таблиця 3.1 – Опис лінгвістичної змінної “ Час зниження рівня професійної готовності”

Назва лінгвістичної змінної	Терми змінної (символьне позначення)	Область визначення функції належності та її вид
“ Час зниження рівня професійної готовності ” $t_{zn} = \{дш, ш, пом, пов, дп\}$	дуже швидкий (дш)	$x, 1, 2.5, 4$ (Л-функція)
	швидкий (ш)	$x, 3, 5.5, 8$ (Л-функція)
	помірний (пом)	$x, 6, 10.5, 15$ (Л-функція)
	повільний (пов)	$x, 13, 16.5, 20$ (Л-функція)
	дуже повільний (дп)	$x, 18, 21.5, 25$ (Л-функція)

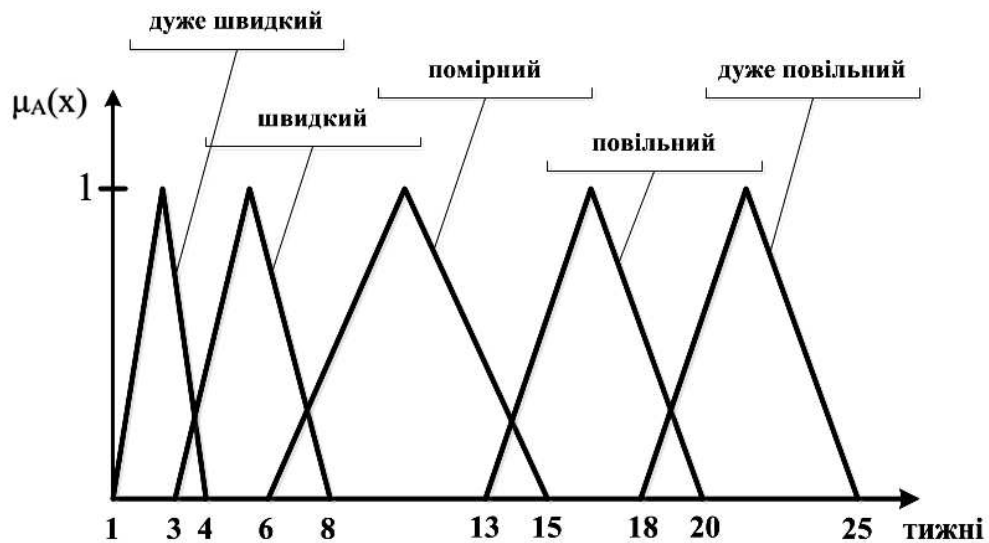


Рисунок 3.2 – Графічне представлення функції належності лінгвістичних термів ЛЗ – “Час зниження рівня професійної готовності”

Для даної ЛЗ було обрано трикутну функцію належності [102], яка задана на універсумі  $X = [1, 25]$ , в якості якого обраний замкнутий інтервал дійсних чисел. Такий інтервал було обрано в результаті проведення натурних експериментів з ОПР. Така функція належності в роботі була задана аналітично наступним виразом для терма “дуже швидкий” :

$$f_{t_{зоб}}(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq 1 \\ \frac{x-1}{2.5-1}, & 1 \leq x \leq 2.5 \\ \frac{4-x}{1-2.5}, & 2.5 \leq x \leq 4 \\ 0, & 4 \leq x \end{array} \right\}. \quad (3.1)$$

Стосовно конкретної функції, зображеної на рисунку 3.2, а саме терму “дуже швидкий”, значення параметрів дорівнюють:  $a = 1$ ,  $b = 2.5$ ,  $c = 4$ . При цьому параметри  $a$  і  $c$  характеризують основу трикутника, а параметр  $b$  – його вершину. Ця функція належності породжує нормальну опуклу унімодальну нечітку множину з носієм – інтервалом  $(a, c)$ , межами  $(a, c) \setminus \{b\}$ , ядром  $\{b\}$  і

модою  $v$ . Також, за тим же принципом було обрано і функції належності для змінних “Мотиваційний потенціал” та “Рівень професійної готовності”.

Таблиця 3.2 – Опис лінгвістичної змінної “Рівень професійної готовності”

Назва лінгвістичної змінної	Терми змінної (символьне позначення)	Область визначення функції належності та її вид
“Рівень професійної готовності” $V = \{n, c, v\}$	низький (н)	$x, 10, 25, 40$ (Л-функція)
	середній (с)	$x, 30, 55, 80$ (Л-функція)
	високий (в)	$x, 60, 80, 100$ (Л-функція)

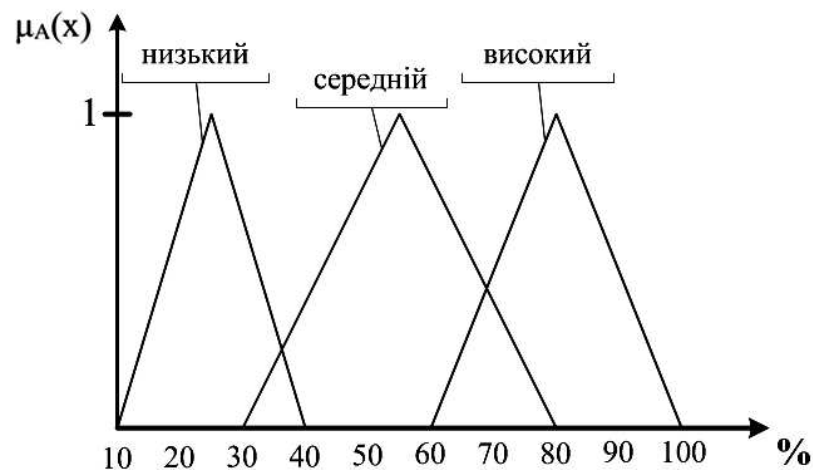


Рисунок 3.3 – Графічне представлення функції належності лінгвістичних термів ЛЗ – “Рівень професійної готовності”

Таблиця 3.3 – Опис лінгвістичної змінної “Мотиваційний потенціал”

Назва лінгвістичної змінної	Терми змінної (символьне позначення)	Область визначення функції належності та її вид
“Мотиваційний потенціал” $M = \{дн, н, с, в, дв\}$	дуже низький (дн)	$x, 1, 2, 3$ (Л-функція)
	низький (н)	$x, 2, 3.5, 5$ (Л-функція)
	середній (с)	$x, 4, 5.5, 7$ (Л-функція)
	високий (в)	$x, 6, 8, 10$ (Л-функція)
	дуже високий (дв)	$x, 9, 10.5, 12$ (Л-функція)

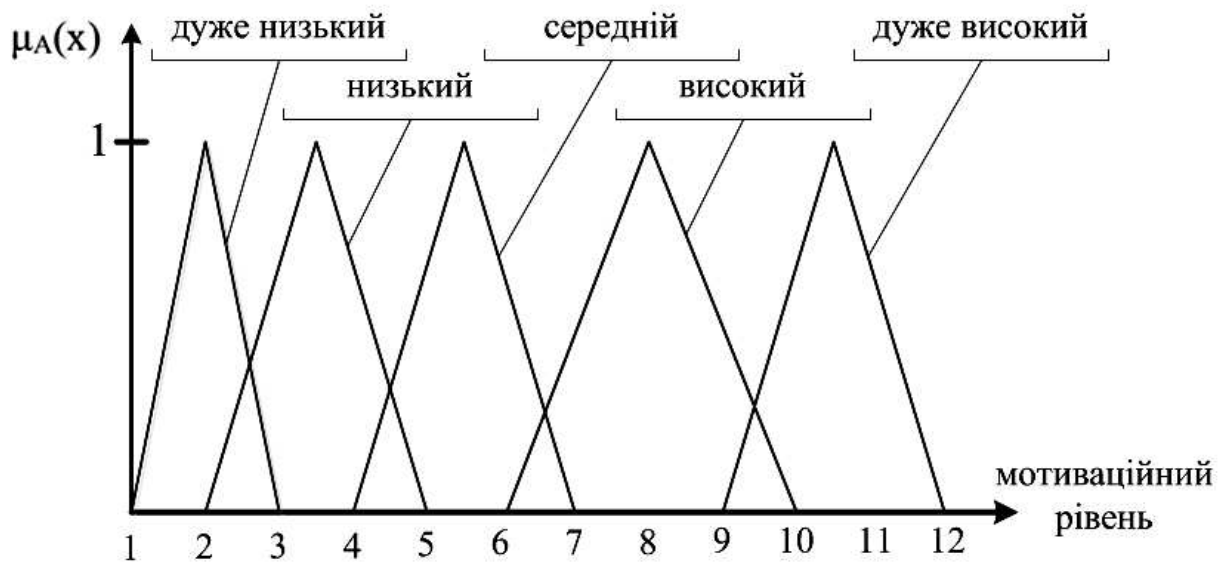


Рисунок 3.4 – Графічне представлення функції належності лінгвістичних термів ЛЗ – «Мотиваційний потенціал»

Прогнозування продуктивності оператора є важливою прикладною задачею, проте мотиваційний потенціал оцінює лише ступінь зусиль або старання працівника у виконанні своїх обов'язків. Мотиваційний потенціал може з успіхом прогнозувати продуктивність лише в тих видах діяльності, де рівень продуктивності залежить в першу чергу від зусиль або старання. Очевидно, що такий тісний зв'язок може мати місце лише в досить простих видах діяльності. Тим часом дослідження, що проводилися в області психології праці впродовж наукових досліджень даної роботи, свідчать про те, що найважливішим фактором продуктивності, особливо в складних видах трудової діяльності, є рівень інтелектуальних здібностей. З цих же досліджень відомо, що мотивація не має значущих зв'язків зі здібностями, будучи незалежним чинником, що впливає на продуктивність оператора. Оцінка продуктивності намагається об'єднати обидва ці фактори для того, щоб збільшити прогностичну здатність теорії очікувань щодо ефективності роботи працівників.

Для цього в роботі було введено додаткове поняття, здатність, під яким мається на увазі сприйняття індивідом своєї здатності до виконання завдань,



що виникають у трудовій діяльності. Таким чином, під здатністю в даному випадку розуміється суб'єктивна оцінка оператором своїх здібностей, а не та об'єктивна оцінка, яка виходить в результаті використання тестів на загальні та професійні здібності. Розуміння здібності, як суб'єктивного чинника, дещо знижує прогностичну цінність оцінки продуктивності, однак важко не погодитись з тим, що самооцінка своїх здібностей оператором може обмежувати вплив на продуктивність, якщо вона, наприклад, занижена. З іншого боку, немає ніяких гарантій, що така оцінка в свою чергу не залежить від мотивації. У цьому випадку вона не буде суттєво покращувати прогнози продуктивності. Для оцінки продуктивності в роботі оператора було запропоновано шкалу для оцінки власних професійних навичок та вмій. Враховуючи це, було обрано функцію належності для змінної «Продуктивність».

Таблиця 3.4 – Опис лінгвістичної змінної «Продуктивність»

Назва лінгвістичної змінної	Терми змінної (символьне позначення)	Область визначення функції належності та її вид
“Продуктивність” $P = \{н, с, в\}$	низький (н)	$x, 0.1, 0.22, 0.35$ (П-функція)
	середній (с)	$x, 0.25, 0.5, 0.75$ (П-функція)
	високий (в)	$x, 0.6, 0.8, 1$ (П-функція)

Було використано функцію належності Гауса, яка аналітично задається формулою:

$$f(x, \sigma, c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.2)$$

де  $c$  – координата максимуму функції належності;

$\sigma$  – коефіцієнт концентрації функції належності.

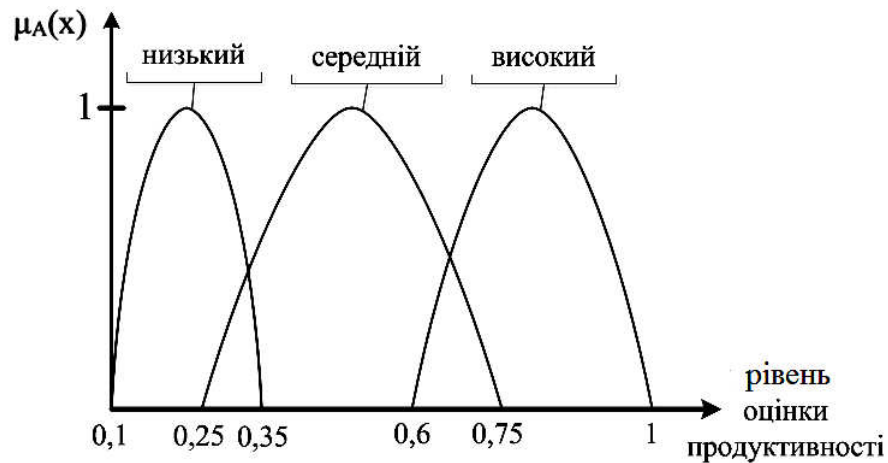


Рисунок 3.5 – Графічне представлення функції належності лінгвістичних термів ЛЗ – «Продуктивність»

Також, за тим же принципом було обрано і функції належності для змінної «Час, витрачений на прийняття рішення».

Таблиця 3.5 – Опис лінгвістичної змінної «Час, витрачений на прийняття рішення»

Назва лінгвістичної змінної	Терми змінної (символьне позначення)	Область визначення функції належності та її вид
«Час, витрачений на прийняття рішення» $S = \{ш, с, п\}$	швидкий (ш)	х, 1, 2, 4 (Л-функція)
	середній (с)	х, 3, 5, 8 (Л-функція)
	повільний (п)	х, 6, 8, 10 (Л-функція)

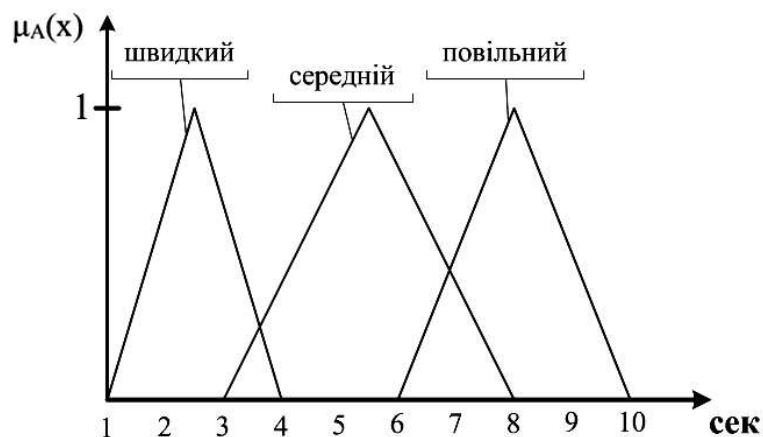


Рисунок 3.6 – Графічне представлення функції належності лінгвістичних термів ЛЗ – «Час, витрачений на прийняття рішення»

Слід зазначити, що для визначення індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ було використано трапецієвидні Z-S-Π-подібні функції належності. Графічне представлення лінгвістичної змінної представлено на рисунку 3.7.

Таблиця 3.6 – Опис лінгвістичної змінної «Індивідуальний час на підвищення рівня професійної готовності»

Назва лінгвістичної змінної	Терми змінної (символьне позначення)	Область визначення функції належності та її вид
“Індивідуальний час на підвищення рівня професійної готовності” $t_{np} = \{n, p, d\}$	прискорений (п)	у, 10, 12 (Z-функція)
	рівномірний (р)	у, 10, 12, 22, 24 (Π-функція)
	довготривалий (д)	у, 22, 24 (S-функція)

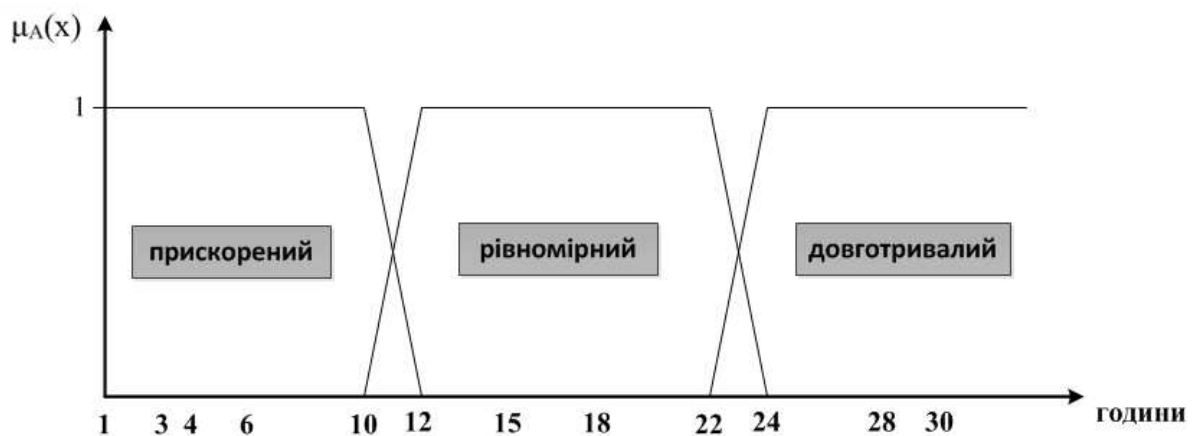


Рисунок 3.7 – Графічне представлення функції належності лінгвістичних термів ЛЗ – «Індивідуальний час на підвищення рівня професійної готовності»

Для даної ЛЗ було обрано трапецієвидні Z-S-Π-подібні функції належності. Для терма “рівномірний” в роботі була обрана Π-подібна функція належності, яка задана аналітично наступним виразом:

$$f_s(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x < 10 \\ \frac{x-10}{12-10}, & 10 \leq x < 12 \\ 1, & 12 < x \leq 22 \\ \frac{24-x}{24-22}, & 22 < x \leq 24 \\ 0, & x > 24 \end{array} \right\}, \quad (3.3)$$

де  $a, b, c, d$  – деякі числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані ставленням:  $a \leq b \leq c \leq d$ .

Стосовно конкретної функції, зображеної на рисунку 3.7, а саме терму “рівномірний”, значення параметрів дорівнюють:  $a = 10, b = 12, c = 22, d = 24$ . Ця функція належності породжує нормальну опуклу унімодальну нечітку множину з носієм – інтервалом  $(a, d)$ , межами  $(a, b)$   $(c, d)$  і ядром  $[b, c]$ .

В якості окремих випадків Z- і S- образних кривих в роботі використано так звану лінійну Z-подібну функцію і лінійну S-подібну функцію.

Перша з цих функцій (Z-подібна) задана аналітично наступним виразом:

$$f_{s\downarrow}(x; a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & x \leq 10 \\ \frac{12-x}{12-10}, & 10 < x < 12 \\ 0, & 12 \leq x \end{array} \right\}.$$

де  $a, b$  – деякі числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням:  $a < b$ . Стосовно конкретної функції, зображеної на рисунку 3.7, а саме терму “прискорений”, значення параметрів відповідно рівні  $a = 10, b = 12$ .

Друга з цих функцій задана аналітично наступним виразом:

$$f_{s\uparrow}(x; a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq 22 \\ \frac{x-22}{24-22}, & 22 < x < 24 \\ 1, & 24 \geq x \end{cases}.$$

де  $a, b$  – деякі числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням:  $a < b$ , при цьому значення параметрів дорівнюють  $a = 22, b = 24$  стосовно конкретної функції, зображеної на рисунку 3.7, а саме терму “довготривалий”. Дані функції належності породжують нормальні опуклі нечіткі множини з ядром  $[b, +\infty)$  і носієм  $[a, +\infty)$ .

Базу правил було сформовано з урахуванням досліджень і натурних експериментів на основі нечітких продукцій у формі “Якщо-то” і функцій належності для відповідних лінгвістичних термів (табл. 3.7) [83, 88].

Таблиця 3.7 – База правил нечітких продукцій

Назва змінної	№ правила									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	в	в	в	с	с	с	с	с	с	с
M	в	с	дв	в	дв	в	дв	с	с	н
P	-	-	-	-	-	-	-	в	в	-
$t_{zn}$	-	дп	-	дп	дп	дш	дш	дп	пов	дш
S	-	-	-	ш	ш	с	с	ш	с	п
$t_{np}$	п	п	п	п	п	р	р	п	р	д
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V	с	с	с	с	с	с	с	с	с	с
M	н	с	с	с	с	с	с	с	с	с
P	-	в	в	в	с	с	с	с	с	н
$t_{zn}$	ш	пов	ш	дш	дп	пов	пом	ш	дш	дп
S	-	с	с	с	с	ш	ш	ш	ш	ш
$t_{np}$	д	р	р	р	р	р	р	р	р	р
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V	с	с	с	с	с	с	с	дн	дн	дв
M	с	с	с	с	н	н	н	-	-	в
P	н	н	н	н	-	-	-	дп	-	дп
$t_{zn}$	пов	пом	ш	дш	дп	пов	пом	дн	дн	дв
S	ш	ш	п	п	-	-	-	-	-	с

Продовження таблиці 3.7

$t_{np}$	р	р	д	д	р	р	д	р	д	р
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
V	в	дв	дв	дв	дв	дв	с	н	н	н
M	в	н	с	н	в	с	дн	дн	н	дн
P	дп	дш	ш	дп	дш	пом	в	-	-	н
$t_{zn}$	в	дв	дв	дв	дв	дв	дп	-	-	дш
S	п	п	п	п	с	с	с	-	-	с
$t_{np}$	р	д	д	р	р	д	р	д	д	д

Базу правил було сформовано за результатами аналізу проведених експертних опитувань, на основі нечітких продукцій у формі “якщо – то” і функцій належності для відповідних лінгвістичних термів. Всього в базу включено 40 правил. Фрагмент бази правил має вигляд:

*Правило №1:*  $(V \in v) \wedge (M \in v) \rightarrow (t_{np} \in np)$ ,

*Правило №2:*  $(V \in v) \wedge (M \in c) \wedge (t_{zn} \in dn) \rightarrow (t_{np} \in np)$ ,

*Правило №3:*  $(V \in v) \wedge (M \in dv) \rightarrow (t_{np} \in np)$ ,

*Правило №4:*  $(V \in c) \wedge (M \in dv) \wedge (t_{zn} \in dn) \wedge (S \in u) \rightarrow (t_{np} \in np)$ ,

...

*Правило №40:*  $(V \in n) \wedge (M \in dn) \wedge (t_{zn} \in du) \wedge (P \in n) \wedge (S \in n) \rightarrow (t_{np} \in d)$ .

Далі за створеною базою правил нечітких продукцій було виконано логічний вивод за алгоритмом Мамдані:

$$\bigcup_{h=1}^{k_j} \left( \bigcap_{i=1}^n x_{i(\{t_{zn}, V, M, P, S\})} = a_{i, jh} \text{ з вагою } w_{jh} \right) \rightarrow y_{t_{np}} = d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3.4)$$

Степені належності вхідного вектора  $y_{t_{np}} = (x_{t_{заб}}, x_V, x_M, x_P, x_{t_{zn}})$  нечітким термам з бази правил нечітких продукцій розраховувались наступним чином:

$$\mu_{dj}(x_{(\{t_{zn}, V, M, P, S\})}^*) = \bigcup_{h=1, k_j} w_{jh} \cdot \bigcap_{i=1, n} \left[ \mu_{dj}(x_{i(\{t_{zn}, V, M, P, S\})}^*) \right], \quad (3.5)$$

де  $\cup(\cap)$  – операція з s-норми (t-норми), тобто з множини реалізації логічної операції «І».

Далі було використано композицію з використанням операції максимум (max), завдяки якій відбувається об'єднання знайдених відсічених функцій, що призводить до отримання підсумкової нечіткої підмножини для вихідної змінної з відповідною функцією належності:

$$\mu_{\Sigma}(y_{t_{np}}) = \mu_{x_i}(y_{t_{np}}) = \max_y [\mu_{x_{t_{zn}}}^*(y_{t_{np}}), \mu_{x_v}^*(y_{t_{np}}), \mu_{x_m}^*(y_{t_{np}}), \mu_{x_p}^*(y_{t_{np}}), \mu_{x_s}^*(y_{t_{np}})]$$

В результаті чого на етапі дефазифікації для вихідної ЛЗ були визначені підсумкові кількісні значення у формі деякого дійсного числа, тобто у вигляді  $\bar{y}_{t_{np}}$ . При цьому чіткі значення виходу для вихідної змінної «Індивідуальна стратегія відновлення знань» визначалися за методом центру тяжіння:

$$\bar{y}_{t_{np}} = \frac{\int_{\min}^{\max} y_{t_{np}} \cdot \mu(y_{t_{np}}) dy_{t_{np}}}{\int_{\min}^{\max} \mu(y_{t_{np}}) dy_{t_{np}}},$$

де  $\bar{y}_{t_{np}}$  – результат дефазифікації (чітке значення);

$y_{t_{np}}$  – змінна, відповідна вихідної лінгвістичної змінної S;

$\mu(y_{t_{np}})$  – функція належності нечіткої множини, відповідного вихідної змінної

$t_{np}$  після етапу акумуляції;

min і max – ліва і права точки інтервалу носія нечіткої множини розглянутої вихідної змінної.

Після проведення дефазифікації було отримано чітке значення в годинах

відповідно до визначеного індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності оператора (рівномірний, прискорений, довготривалий).

У таблиці № 3.8 наведені деякі варіанти вибору часу залежно від вище перелічених параметрів на основі проведеного моделювання.

Таблиця 3.8 – Приклад вибору варіантів значень

№ з/п	Вхідні нечіткі змінні					Вихідне значення
	Рівень професійної готовності оператора	Мотиваційний потенціал оператора	Час зниження рівня професійної готовності оператора	Продуктивність оператора	Час, витрачений на прийняття рішення оператора	Індивідуальний час на підвищення рівня професійної готовності оператора, години
1	85	17,8	13	12,4	5	11
2	81	16,2	16	9,72	5	12
3	90	18	14	14,4	3	6
4	73	15,3	15	10,7	7	18
5	88	15,8	12	12,6	4	8
6	71	14,5	10	10,1	9	22
7	79	18	14	14,4	5	14

На рисунках 3.8 – 3.10 представлено графічне зображення залежності значення вихідної змінної від довільних двох вхідних змінних розробленої моделі.

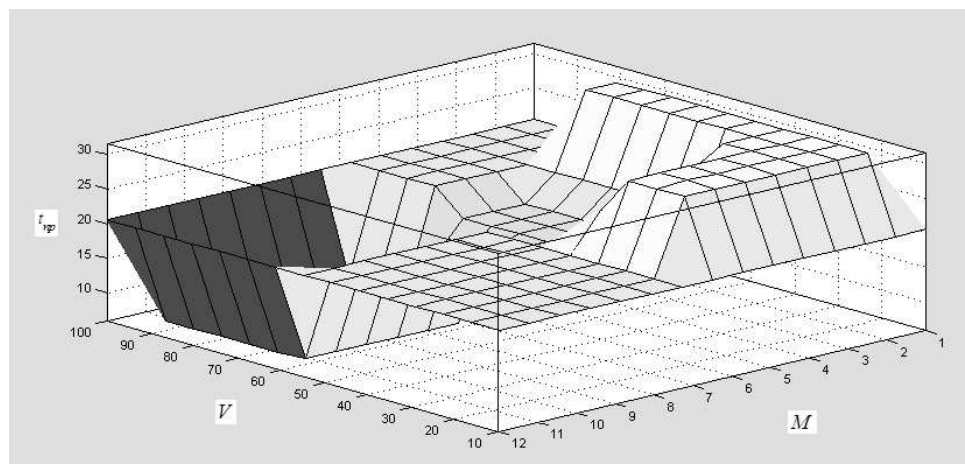


Рисунок 3.8 – Залежність вибору часу від показника мотиваційного потенціалу та рівня професійної готовності оператора



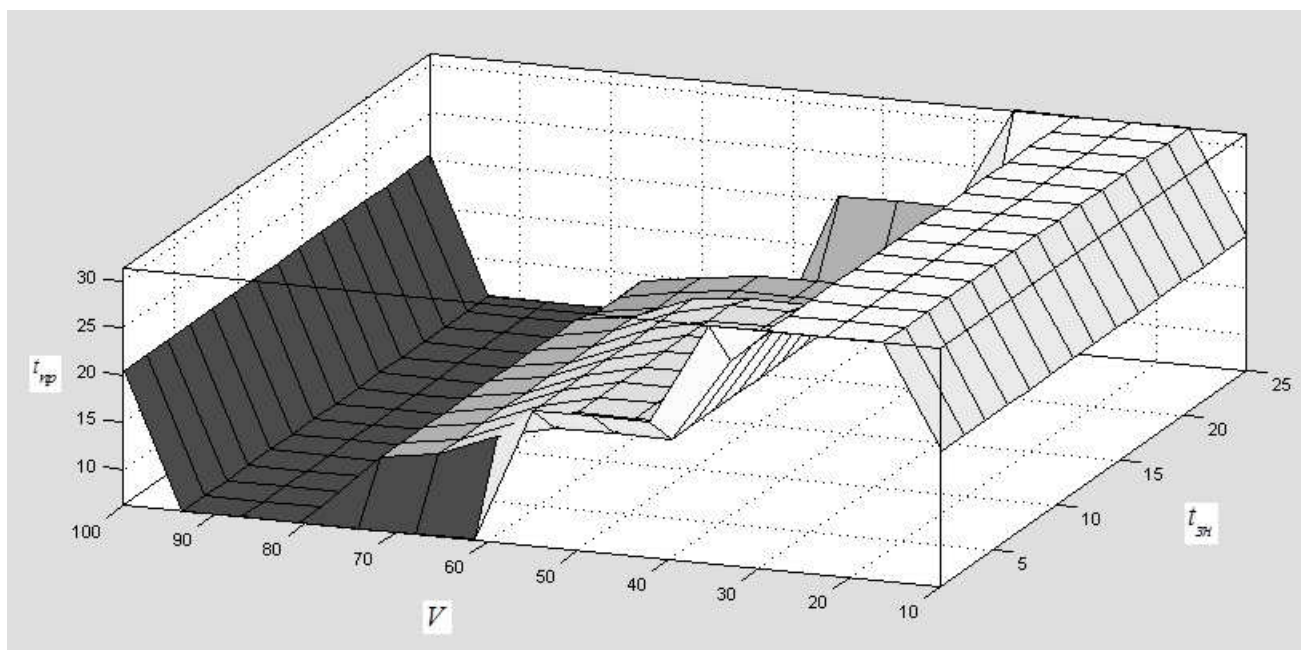


Рисунок 3.9 – Залежність вибору часу від показника рівня професійної готовності оператора та часу зниження цього рівня

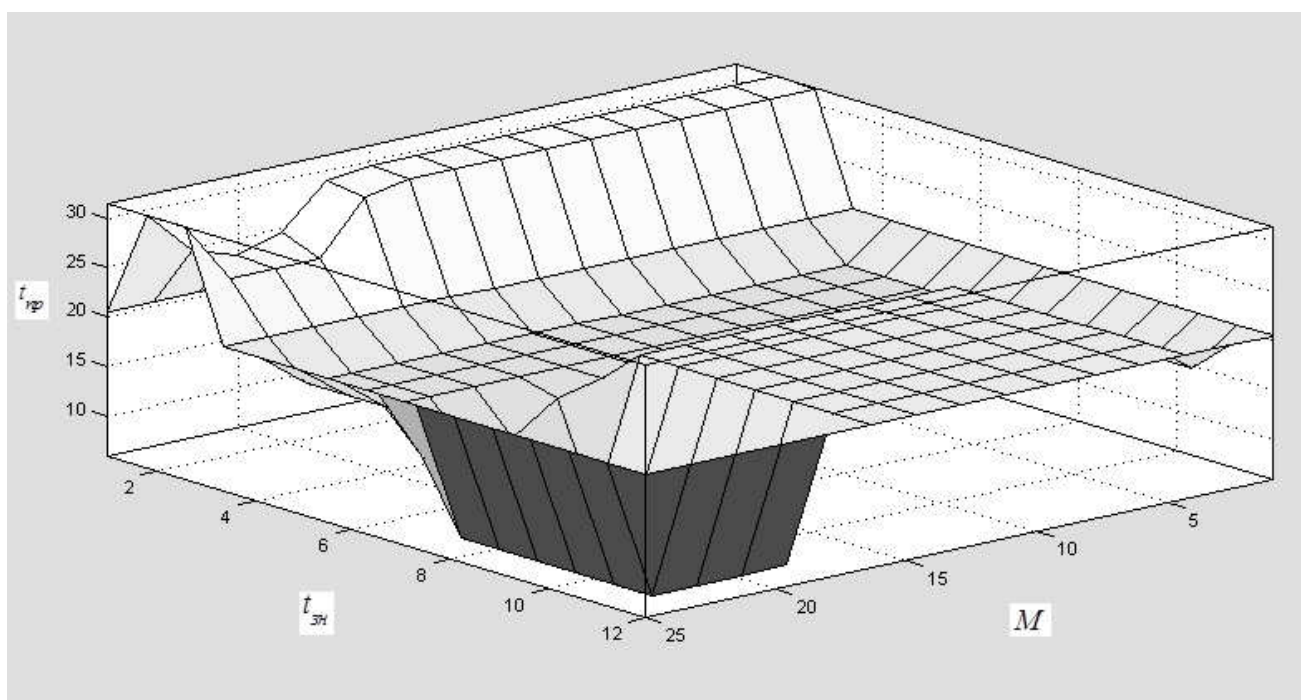


Рисунок 3.10 – Залежність вибору часу від показника мотиваційного потенціалу та часу зниження рівня професійної готовності оператора

Результати показали, що динаміка змін відповідності рівня професійної готовності, часу зниження цього рівня та мотиваційного потенціалу в рамках

середніх і високих показників може використовувати рівномірний та прискорений час для процесу підтримки рівня професійної готовності оператора.

Що стосується низьких показників, то вони вимагають застосування довготривалого часу. Використання запропонованого методу значно підвищило оперативність процесу підтримки рівня професійної готовності оператора за рахунок використання індивідуального підходу до оператора в ЕСКЗ. В рамках даного дисертаційного дослідження було виконано розрахунки на прикладі 10 операторів, які працюють на підприємстві «ВКФ Кріопром ООО» для підтвердження підвищення оперативності. На рисунку 3.11 наведено результати розрахунків.

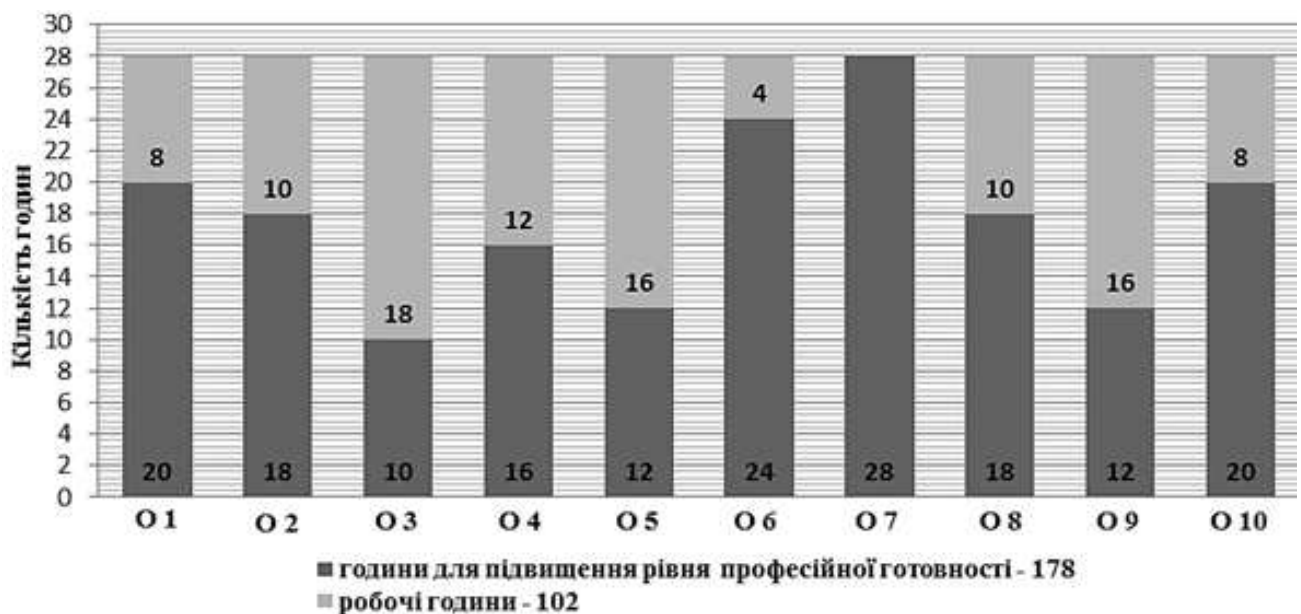


Рисунок 3.11 – Результати визначення індивідуального часу

Розроблений метод на основі апарату нечіткого логічного виводу передбачає подальшу оптимізацію із застосуванням навчальної вибірки в конкретних ситуаціях, налаштування методу може здійснюватися як за структурою, так і за параметрами, залежно від обраних показників вхідних змінних.

### 3.2 Розробка узагальненого методу підтримки рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ

З метою результативного моделювання зазначених процесів було розроблено узагальнений метод підтримки рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ, яка складається з восьми послідовних етапів і представлена у вигляді кортежу та графічно на рисунку 3.12:

$$M_{np} = \langle A, D_1, D_2, F_1, D_3, U, C, F_2 \rangle \quad (3.6)$$

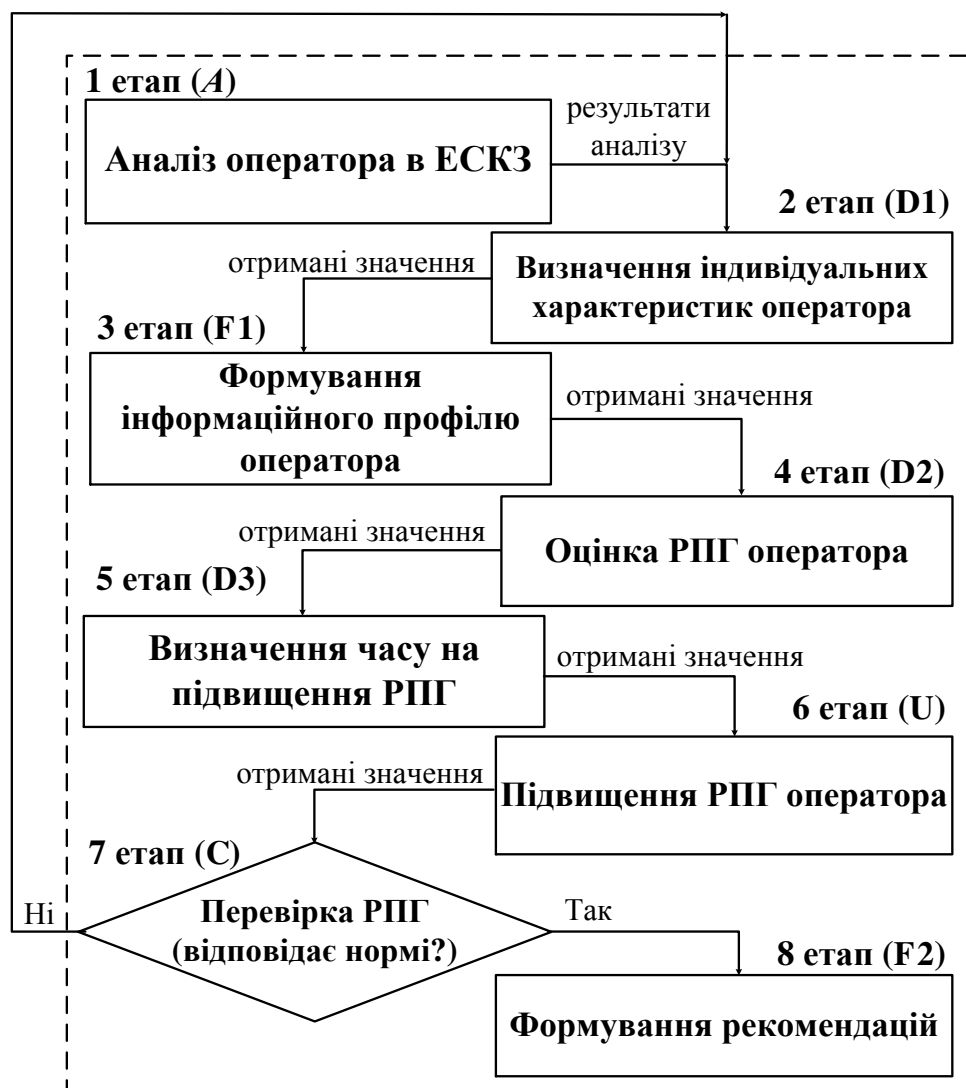


Рисунок 3.12 – Схема узагальненого методу підтримки рівня професійної готовності (РПГ) операторів в ЕСКЗ

Етап А – «Analysis». Визначається сфера діяльності ЕСКЗ, місце конкретного оператора в цій ЕСКЗ та аналіз його функціональних обов'язків.

Етап D<sub>1</sub> – «Deed 1». За результатами проведеного аналізу, визначаються індивідуальні інформаційні характеристик оператора, проводиться анкетування та спеціалізоване тестування оператора.

Етап F<sub>1</sub> – «Formation 1». Проводиться експертна оцінка та перевірка результатів спеціалізованого тестування та анкетування. Формується індивідуальний інформаційний профіль оператора ЕСКЗ.

Етап D<sub>2</sub> – «Deed 2». Показники з індивідуального інформаційного профілю використовуються для оцінки рівня професійної готовності оператора на базі розробленого відповідного методу.

Етап D<sub>3</sub> – «Deed 3». Визначається індивідуальний час на процес підвищення рівня професійної готовності оператора, використовуючи метод на основі апарату нечіткої логіки.

Етап U – «Using». Використовуючи показники індивідуального інформаційного профілю оператора, визначаються підходи щодо підвищення рівня його професійної готовності шляхом розроблення індивідуальної програми відповідно до його функціональних обов'язків в ЕСКЗ.

Етап С – «Check». Перевіряються результати виконання індивідуальної програми підтримки рівня професійної готовності оператора та відповідності показника рівня професійної готовності до встановленої норми в ЕСКЗ.

Етап F<sub>2</sub> – «Formation 2». Планування наступного етапу підтримки рівня професійної готовності оператора з урахуванням сформованих рекомендацій, отриманих при використанні розробленої інформаційної технології.

Застосування такої моделі надає змогу оперативно підвищувати рівень професійної готовності оператора, що ставить ергатичну ланку ЕСКЗ на новий якісно високий рівень, який, в свою чергу, сприяє значному зменшенню кількості відмов в таких системах. Запропоновані в роботі моделі та методи дозволяють розробити інформаційну технологію підвищення відмовостійкості

ЕСКЗ та отримати рекомендації при розробці індивідуальної програми перевірки та підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ.

### 3.3 Висновки до третього розділу

Вдосконалено метод для визначення індивідуального часу на підвищення рівня професійної готовності оператора на основі апарату нечіткого логічного виводу, що дозволило враховувати індивідуальний профіль оператора в ЕСКЗ і видати ОПР-керівнику необхідні рекомендації для подальшого використання в інформаційній технології. Розроблений метод може також використовуватись ОПР-керівником, що має потребу в розробці нових програм для підвищення рівня професійної готовності і постійно займається моніторингом якості цього рівня у операторів, на підставі врахування індивідуального інформаційного профілю оператора.

Застосування запропонованих рішень надає змогу оперативно підвищувати рівень професійної готовності оператора, що ставить ергатичну ланку ЕСКЗ на новий якісно високий рівень, який, в свою чергу, сприяє значному зменшенню кількості відмов в таких системах. Запропоновані в роботі модель та метод дозволяють розробити інформаційну технологію підвищення відмовостійкості ЕСКЗ та отримати рекомендації при розробці індивідуальної програми перевірки та підвищення рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ.

Основні результати цього розділу опубліковано в [67, 70,71, 73].

## РОЗДІЛ 4

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У попередніх розділах було розроблено ряд моделей та методів, використання яких сприяє підвищенню якості процесу підтримки рівня професійної готовності оператора. Для реалізації вищезазначеного було розроблено спеціальне програмне забезпечення, призначене для візуальної обробки даних, отриманих в результаті спеціалізованого тестування оператора, а також створено програмний засіб зчитування мікрорухів оператора під час відповідей на питання цього тесту з метою формування індивідуального інформаційного профілю оператора.

Додатково система дозволяє розпізнавати положення зіниці ока оператора, що дозволяє визначити його переважаючий тип сприйняття інформації – аудіал, візуал чи кінестетик.

Створення таких засобів передбачає:

- вдосконалення структури процесу підвищення рівня професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ;
- розробку інформаційної технології підвищення відмовостійкості ЕСКЗ та пакету відповідних прикладних програм;
- експериментальну перевірку запропонованих рішень.

#### 4.1 Розробка модуля для визначення типу сприйняття інформації у оператора

Для вдосконалення процесу підвищення рівня професійної готовності оператора в даній роботі було обрано врахування його переважаючого типу сприйняття інформації та створення умов для задоволення потреб оператора в реалізації своєї пізнавальної активності у відповідності з індивідуальними

стильовими особливостями. Наближення технологій до людини, до її індивідуальних особливостей є в даний час стійкою тенденцією. Практика з питань підтримки рівня професійної готовності свідчить про те, що тривале ігнорування індивідуальних стратегій пізнання з часом призводить до негативних наслідків у розвитку оператора, а в крайніх випадках може призвести до порушення його здоров'я [18, 59, 85, 89].

В рамках нейрофізіологічних уявлень передбачається, що інформацію про навколишній світ ми отримуємо, використовуючи три основні канали сприйняття: візуальний, аудіальний, кінестетичний. Пріоритетним у кожного оператора зазвичай є один канал. Вважається, що саме через провідний канал надходить основний потік інформації. Якщо враховувати провідний канал у оператора, то, використовуючи бажані їм «ключі» сприйняття, оптимізуємо процес підвищення його рівня професійної готовності. Якщо ж процес спілкування будується без урахування провідного каналу сприйняття, то більша частина інформації не буде сприйнята [7, 24, 29, 52].

У процесі підвищення рівня професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ основне завдання ОПР-керівника полягає в тому, щоб оператор освоїв необхідний матеріал з максимальною легкістю і як можна міцніше. При цьому необхідно розуміти, що існує розбіжність між тим каналом сприйняття і переробки інформації, якому ОПР-керівник віддає перевагу (що воліємо, то і використовуємо) і ведучим каналом у оператора. Адже те, що ОПР-керівнику представляється оптимальним, для оператора може бути недоступним. Різниця модальностей – одна з причин, по якій оператори опиняються в нерівних умовах проходячи підвищення рівня професійної готовності в спеціалізованих учбових центрах [87, 89]. Саме тому в роботі пропонується, щоб ОПР-керівник враховував індивідуальні особливості сприйняття кожного оператора.

Слід зазначити, що для визначення типу сприйняття інформації в роботі використано одне з відкриттів Мілтона Еріксона [84], яке полягає в тому, що рухи очних яблук пов'язані з типом сприйняття інформації оператором –

точніше, з його основним способом обробки внутрішнього досвіду. Оскільки спостереження за рухом очей дозволяє дізнатися багато чого про внутрішній світ людини, цей розділ Еріксоніанського гіпнозу стали називати "очними сигналами доступу". Слід зазначити, що результати досліджень Еріксона показали дуже великий відсоток достовірності, саме тому за основу в роботі було обрано запропоновані ним гіпотези і розроблено систему, яка розпізнає зіницю ока оператора та на основі схеми ключів "очних сигналів доступу" визначає його тип сприйняття інформації (рис. 4.1).

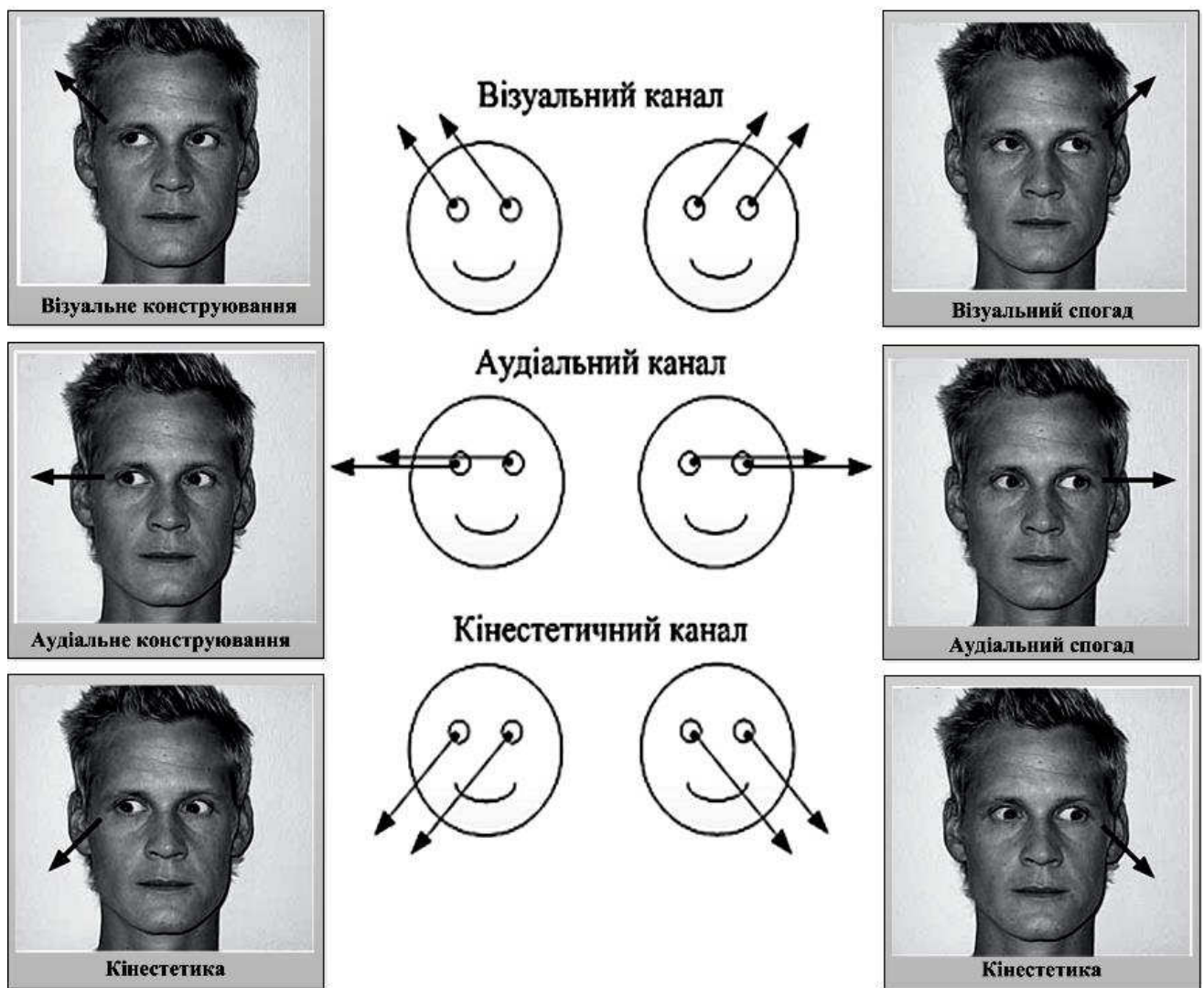


Рисунок 4.1 – Схема ключів "очних сигналів доступу"

Для підтвердження використання даного підходу, задля покращення процесу підвищення рівня професійної готовності, було проведено опитування



групи операторів, що проходили підвищення кваліфікації в спеціалізованому навчальному центрі.

Розподіл анкетованих за переважаючими типами інформаційного сприйняття (рис. 4.2) загалом наступний: візуал (54 %), кінестетик (33 %), аудіал (13 %) [84, 86].

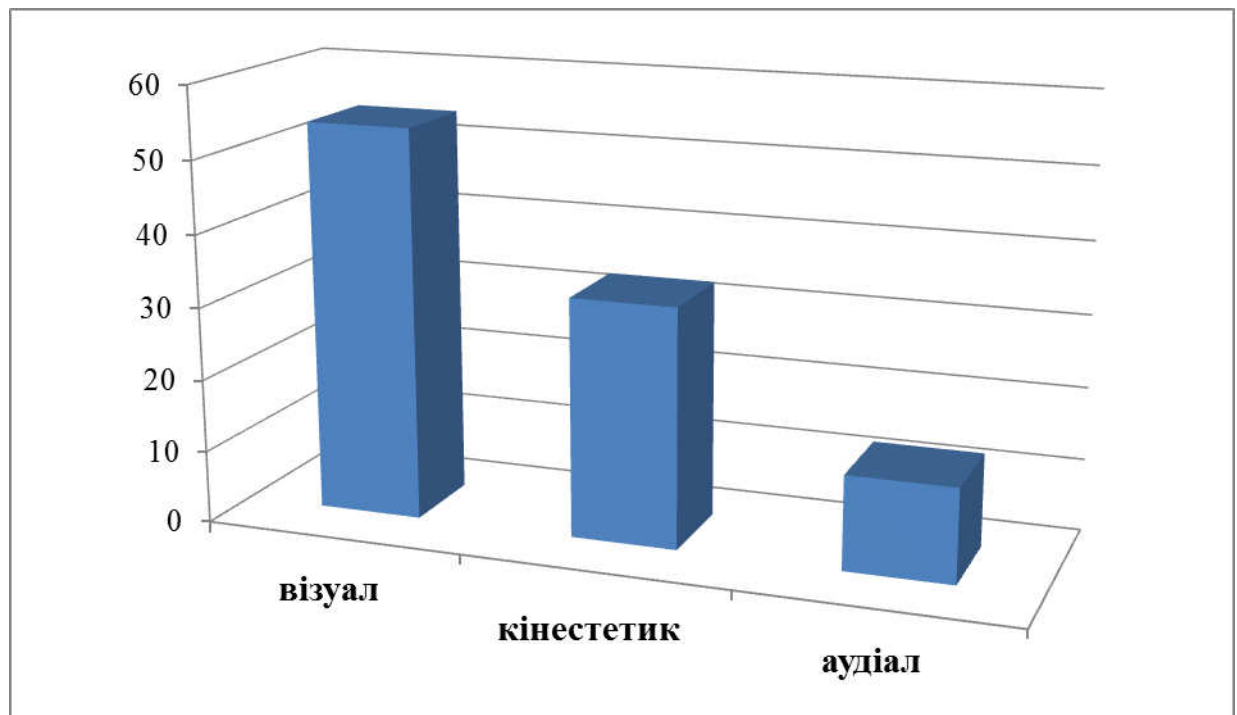


Рисунок 4.2 – Розподіл операторів за типами інформаційного сприйняття

Як зазначалося раніше, індивідуальне інформаційне сприйняття впливає на якість засвоєння спеціалізованого матеріалу для підвищення рівня професійної готовності. За результатами анкетування було оцінено вплив цього фактору. Відбиралися оператори однієї з ЕСКЗ з високими і низькими оцінками за одним із профільних тестів стосовно посадових інструкцій та здійснювалося співставлення з їх особистісними характеристиками. Оскільки розподіл за типами інформаційного сприйняття, як видно з рисунку 4.2, нерівномірний, виконувалося приведення результатів до загальної кількості операторів визначеного типу. Серед операторів з високою успішністю присутні типи інформаційного сприйняття візуал та кінестетик, що відповідає

загальному розподілу за типами. Для операторів з нижчими оцінками картина змінюється, переважають аудіали. Це може свідчити про недостатню адаптованість спеціалізованої програми для підвищення рівня до їхніх особливостей інформаційного сприйняття. Це підтвердило прагнення враховувати тип сприйняття інформації в процесі підвищення рівня професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ [104, 107].

Було проведено аналіз різних моделей та методів розпізнавання зіниць ока. На сьогоднішній день існує багато методів, які дозволяють ідентифікувати райдужну оболонку ока. Більшість з яких використовують припущення, що зіниця являє собою круг, центр якого можна розраховувати як перетин відповідних горизонталі і вертикалі. Після певного ряду досліджень, з'ясовано, що зіниця при нецентральному положенні приймає вид еліпсу. D. Zhu, S. T. Moore і T. Raphan запропонували використовувати криволінійні характеристики контуру зіниці і помістити їх в еліпс [17, 84]. Більшість з запропонованих на сьогоднішній день методів визначення зіниці ока не передбачають використання алгоритмів стійких до перешкод [84].

Існує метод виділення країв (шляхом аналізу першої похідної) і подальшу апроксимацію меж райдужки простими геометричними об'єктами. Окружність зіниці і зовнішню межу райдужки можна знайти за допомогою перетворення Хафа. Інші методи додатково визначають кордон райдужки і зіниці двома параболою, як Wildes, або просто відрізають ті частини зображення, які не відносяться до райдужки ока, як Daugman.

В рамках дисертаційної роботи розроблено інформаційну систему для визначення типу сприйняття інформації оператора, яка складається з комплексу апаратних та програмних засобів і яка є частиною загальної інформаційної технології підвищення відмовостійкості ЕСКЗ.

Як було зазначено раніше, для виявлення ознак відхилення нормальної роботи ЕСКЗ за рахунок збоїв людського фактору необхідні спеціалізовані комп'ютерні системи ідентифікації не лише знань оператора, а і функціональної ентропії під час прийняття ними управлінських рішень [21]. З

цією метою створено програмно-апаратний засіб зчитування мікрорухів оператора (акселерометр) під час виконання відповідальних дій, або відповідей на фахові запитання. Додатково система дозволяє розпізнавати погляд оператора, що забезпечує відношення до образу питання, або дії. В роботі для визначення зіниці пропонується використовувати метод посилення простих класифікаторів (AdaBoost), який базується на комбінуванні примітивних «слабких» класифікаторів в один «сильний». Під «силою» класифікатора в даному випадку розуміємо ефективність (якість) рішення задачі класифікації. Слабкий класифікатор має вигляд:

$$h(x, f, p, Q) = \begin{cases} 1, & pf(x) < pQ \\ 0 & \end{cases}, \quad (4.1)$$

де  $x$  – субвікно (яке містить ознаки Хаара);

$f$  – ознака;

$p$  – полярність, яка вказує напрям нерівності;

$Q$  – порогове значення.

Фінальний сильний класифікатор можна представити у вигляді:

$$C(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0 & \end{cases}. \quad (4.2)$$

Метод AdaBoost видає координати зіниці стабільно і безпомилково, але точність результатів невисока, оскільки цей метод переважно застосовується для розпізнавання та опису плоских примітивів, аналізу руху та відстеження об'єктів, виявлення об'єктів на зображенні і т.д. Тобто застосовується в тих випадках, коли необхідна стабільна і швидка робота, а щодо точності результатів вимоги не жорсткі. Оскільки зіниця за кольором темніша сусідніх

областей, то для підвищення точності знаходження внутрішньої межі райдужної оболонки пропонується уточнювати край за допомогою видозміненого (вдосконаленого варіанту) методу Daugman. В оригінальному методі Daugman локалізація центру зіниці і райдужки визначається за такими формулами:

$$\begin{aligned} X &= \arg \max_x (\sum_y \min_{xy} (I(x, y))) , \\ Y &= \arg \max_y (\sum_x \min_{xy} (I(x, y))). \end{aligned} \quad (4.3)$$

При пошуку меж зіниці в оригінальному методі Daugman ведеться інтегрування по всьому круговому контуру:

$$\max_{r, x_0, y_0} \left| \frac{\partial}{\partial r} G_\sigma(r) * \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|, \quad (4.4)$$

де  $*$  – згортка двох функцій, яка здійснює згладжування функції інтенсивності;

$G_\sigma(r)$  – функція Гауса з параметром  $\sigma$ ;

$(x_0, y_0)$  – можливі координати зіниці;

$r \in (r_{\min}, r_{\max})$  – радіуси меж райдужної оболонки.

Після того як завершаться усі розрахунки, розроблений модуль створює html-файл з таблицею (рис. 4.3), в якому буде міститись детальна інформація про кожне питання. А саме – номер питання, відповідь оператора, номер правильної відповіді, час витрачений на питання, а також показники акселерометру та патерн, який проявлявся під час відповіді на конкретне запитання [36, 95]. Крім того, в цьому рядку таблиці отримуємо два фото,

перше показує загальне фото обличчя, а друге показує фото ока, з розпізнаною зіницею. В кінці даного html-файлу модуль робить узагальнюючий висновок відносно типу сприйняття (аудіал, візуал, кінестетик), який домінує у оператора, використовуючи методику розроблену Мілтоном Еріксоном.

патерн	фото обличчя	фото зіниці
погляд вліво: Аг-аудіальний спогад		
погляд вліво: Аг-аудіальний спогад		
погляд по центру		
погляд вліво: Аг-аудіальний спогад		

Рисунок 4.3 – Загальний вигляд таблиці результатів оператора

Визначивши тип сприйняття інформації для оператора та враховуючи специфіку роботи ЕСКЗ і посадові інструкції стало можливим створити спеціалізовану інформаційну систему, яка дозволила автоматизувати механізм ідентифікації, трансформації відповідних категорій знань оператора. Тобто після того, як система визначила тип сприйняття інформації, для кожного оператора підбирається індивідуальна програма для підвищення його рівня професійної готовності [...]. Після проведеного аналізу було визначено основні характерні способи надання інформації для кожного типу сприйняття:

- кінестетик: ігрова форма, невеликі за тривалістю заняття, переважання практики та наочні приклади, система тестів;
- аудіал: конспектування прослуханого матеріалу, переважання такої форми роботи, як діалог, аудіолекції, терміни у вигляді асоціацій;
- візуал: лекції у форматі відео- й фото-презентацій, реальні практичні

прикладу у вигляді схем, діаграм і графіків, дотримання тиші (по можливості, виключення всіляких джерел шуму) [84].

Слід зазначити, що безперервне зростання загального обсягу інформації, потреба в її самостійному вивченні, з одного боку, і розвиток сучасних інформаційних технологій, з іншого, привели до необхідності і можливості розробки ефективних адаптивних електронних систем навчання та підвищення рівня професійної готовності операторів. Базуючись на особливостях оператора, запропонований інформаційний модуль дозволяє розробляти рекомендації, щодо проектування індивідуальних програм для підвищення рівня професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ, де кожна програма буде містити визначену індивідуальну кількість часу для підвищення рівня, обсягу матеріалу та спосіб представлення інформації оператору.

#### 4.2 Розробка структури інформаційної технології на основі індивідуального інформаційного профілю

На базі запропонованих рішень розроблено інформаційну технологію підвищення відмовостійкості ЕСКЗ, представлену на рисунку 4.4, яка враховує індивідуальний інформаційний профіль оператора в ЕСКЗ і дозволяє підвищити оперативність процесу підтримки рівня професійної готовності оператора в ЕСКЗ. Всі інформаційні процеси, які відбуваються в роботі інформаційної технології проходять в десять етапів [68]. На початку оператору потрібно пройти спеціалізоване тестування та анкетування на підготовленому персональному комп'ютері, на якому встановлено розроблене спеціалізоване програмне забезпечення та додаткове технічне обладнання. На даному етапі в інформаційній технології використовується модуль Creator-test – для формування спеціалізованих тестів для оператора, та база даних для зберігання створених тестів та анкет. Тобто перший етап – це процес «адаптації» оператора к інформаційній технології за рахунок ознайомлення з обладнанням та програмним забезпеченням. Саме в процесі проходження

тестування відбувається зчитування мікрорухів оператора, розпізнавання зіниць та відповідне формування вхідних даних для його індивідуального інформаційного профілю.



Рисунок 4.4 – Загальна структурна схема інформаційної технології

підвищення відмовостійкості ЕСКЗ

На другому етапі відбувається обробка результатів тестування та анкетування оператора. Модуль Test-client – отримує відповіді оператора, записи приладу зчитування мікрорухів та заносить їх до бази даних аналізу результатів. Модуль VMR – зберігає кожні 5 кадрів на секунду у фоновому режимі в директорію з відповідями.

Третій етап інформаційної технології формує інформаційний профіль на основі отриманих результатів з попереднього етапу. На даному етапі використовується розроблена інформаційна модель оператора та розроблений модуль Batch analysis, який отримує протокол відповідей оператора, а також зображення та показники приладу зчитування мікрорухів, виділяє паттерни і підраховує кількість правильних відповідей та швидкість реакції на кожне питання. Саме на цьому етапі визначаються всі характеристики оператора і безпосередньо його рівень професійної готовності в складі ЕСКЗ.

На четвертому етапі використовується розроблений в роботі метод оцінки рівня професійної готовності оператора, для того, щоб з'ясувати, чи відповідає рівень встановлений в ЕСКЗ нормі, чи його потрібно підвищувати. Приклад шкали оцінювання рівня наведено на рисунку 4.5.

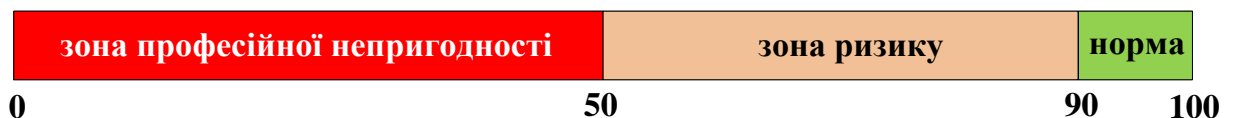


Рисунок 4.5 – Шкала оцінювання рівня професійної готовності оператора в складі ЕСКЗ

Після оцінки рівня визначаємо подальші дії, якщо рівень достатній, то оператор допускається до роботи і чекає на наступну перевірку відповідно до встановленого індивідуального графіку. Якщо недостатній, то інформаційна технологія переходить на наступний етап.

На п'ятому етапі технологія визначає індивідуальний час на підвищення рівня професійної готовності. Для цього використано розроблений



відповідний метод та модуль Fuzzy logic – який отримує кількість годин для підвищення рівня професійної готовності, що дало змогу покращити оперативність цього процесу.

Етап 6 та 7 – направлені на видачу рекомендацій щодо покращення процесу підвищення рівня, та відповідно використовуючи показники індивідуального інформаційного профілю оператора та сформовані рекомендації, визначаються підходи щодо підвищення рівня його професійної готовності шляхом розроблення індивідуальної програми відповідно до його функціональних обов'язків в ЕСКЗ.

Етап 8 – формування результатів після процесу підвищення рівня професійної готовності оператора ЕСКЗ.

Етап 9 – відбувається повторна оцінка рівня професійної готовності оператора.

Етап 10 – заключна частина інформаційної технології – внесення змін в інформаційний профіль оператора.

#### 4.3 Програмна реалізація інформаційної технології підвищення відмовостійкості ЕСКЗ

Для реалізації вищезазначеного було розроблено спеціальне програмне забезпечення, призначене для візуальної обробки даних, отриманих в результаті спеціалізованого тестування оператора, а також створено програмний засіб зчитування мікрорухів оператора під час відповідей на питання цього тесту з метою формування індивідуального інформаційного профілю оператора.

Додатково система дозволяє розпізнавати положення зіниці ока оператора, що дозволяє визначити його переважаючий тип сприйняття інформації – аудіал, візуал чи кінестетик.

Для обробки результатів необхідно завантажити програму batch.exe та виконати певну послідовність дій. Програма видає кількість правильних та

неправильних відповідей оператора під час проходження спеціалізованого тестування, а також буде графіки показників програмного засобу зчитування мікрорухів та часу, витраченого оператором на кожне питання спеціалізованого тесту. Мікрорухи оператора мають свої екстремуми, які свідчать про хвилювання, що дає змогу провести аналіз процесу відповідей на питання.

Програма batch.exe призначена для пакетної обробки даних отриманих в результаті тестування оператора. Для тестування використовується програма client-test.exe. Дана програма записує відповіді оператора та показники акселерометру до файлу (result.csv). Також вищезгадана програма зберігає в спеціальну директорію з ім'ям оператор фотографії його обличчя зроблені за допомогою веб-камери (5 кадрів на секунду, кожен файл в форматі jpeg). Загальна схема що ілюструє взаємодію програм що необхідні для тестування оператор виглядає наступним чином.

Для обробки результатів оператор інженеру знань потрібно завантажити програму batch.exe, та виконати декілька простих операцій.

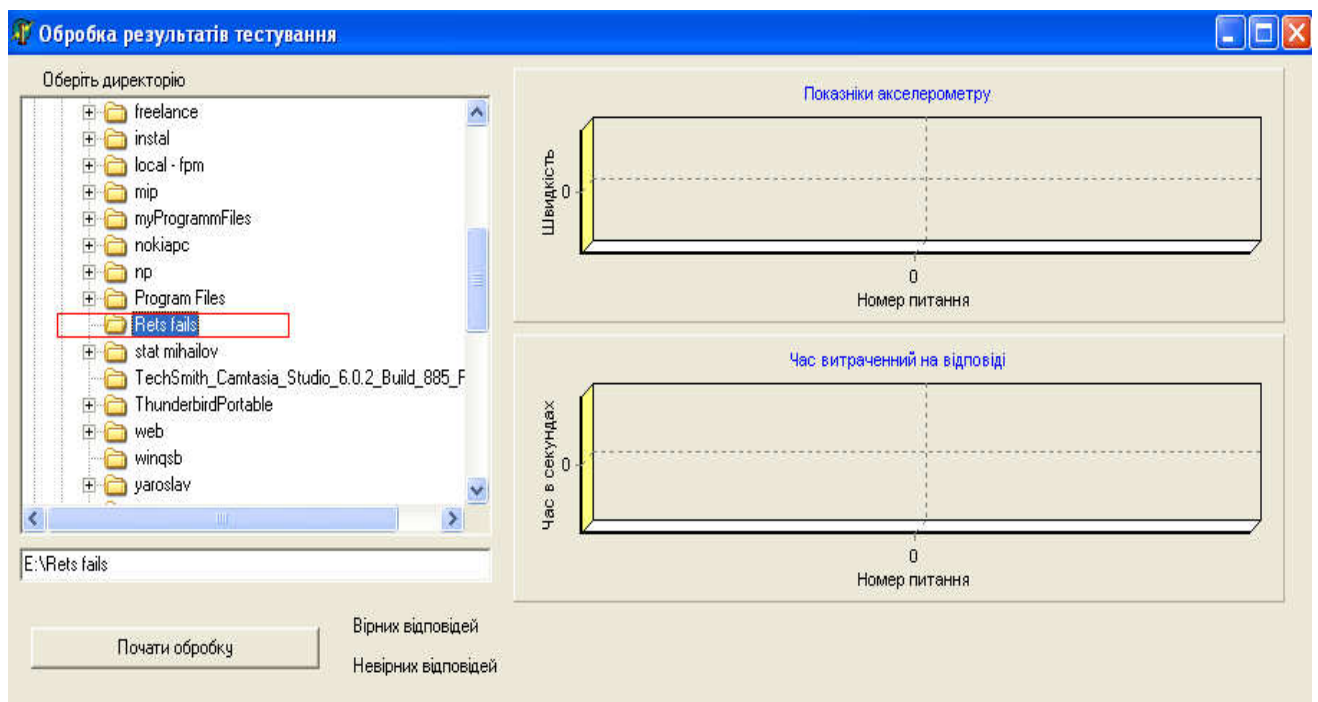


Рисунок 4.6 – Інтерфейс програми

Перш за все, потрібно обрати директорію, в якій зберігаються всі дані отримані в результаті тестування оператор, а потім натиснути кнопку “почати обробку”.

Рисунок 4.7 – Програмний продукт для формування тестових завдань

Програма швидко підрахує кількість вірних та невірних відповідей оператор, а також намалює графіки показників акселерометру та час, витрачений на кожне питання.

Далі програма запускає спеціальну консольну програму `rec.exe` (скорочення від англійського `recognize` – розпізнавати), яка має обробляти фотографії оператор і знаходити в них координати зіниці ока та зберігає їх в XML-файли. Вищезгадана програма використовує багато складних алгоритмів тому обробка файлів займає певний час, в залежності від тривалості тесту. Саме тому, потрібно дочекатися закінчення розрахунків.

Виклик даної програми здійснюється базовими засобами операційної системи Windows.

```
ShellExecute(Handle, 'open', pchar('c\\rec.exe'), nil, nil, SW_SHOWNORMAL);
```

Таким чином ми активуємо консольну програму для розпізнавання зіниці ока в зображеннях.

Коли програма завершить розпізнавання файлів, вона автоматично звільнить оперативну пам'ять комп'ютера, а також заповнить спеціальну змінну в системному реєстрі, щоб програма пакетної обробки XML-файлів почала їх обробку.

Кожну секунду програма перевіряє відповідний ключ реєстру, і коли отримає відповідний сигнал, то починає працювати.

```
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var st:string;
begin
    st:=readrr('stat');
    if st='ready' then
        Memo1.Visible:=true;
end;
```

В даному випадку readrr, це високорівнева функція для роботи з системним реєстром ОС.

Основний її код такий:

```
function readrr(ss:string):string;
var
    Registry: TRegistry;
begin
    Registry := TRegistry.Create;
    Registry.RootKey := HKEY_CURRENT_USER;
    Registry.OpenKey('testvid',true);
    result:=Registry.ReadString(ss);
    Registry.CloseKey;
    Registry.Free;
end;
```

Після того як завершаться усі розрахунки, програма створить html-файл з таблицею, в якому буде міститись детальна інформація про кожне питання.

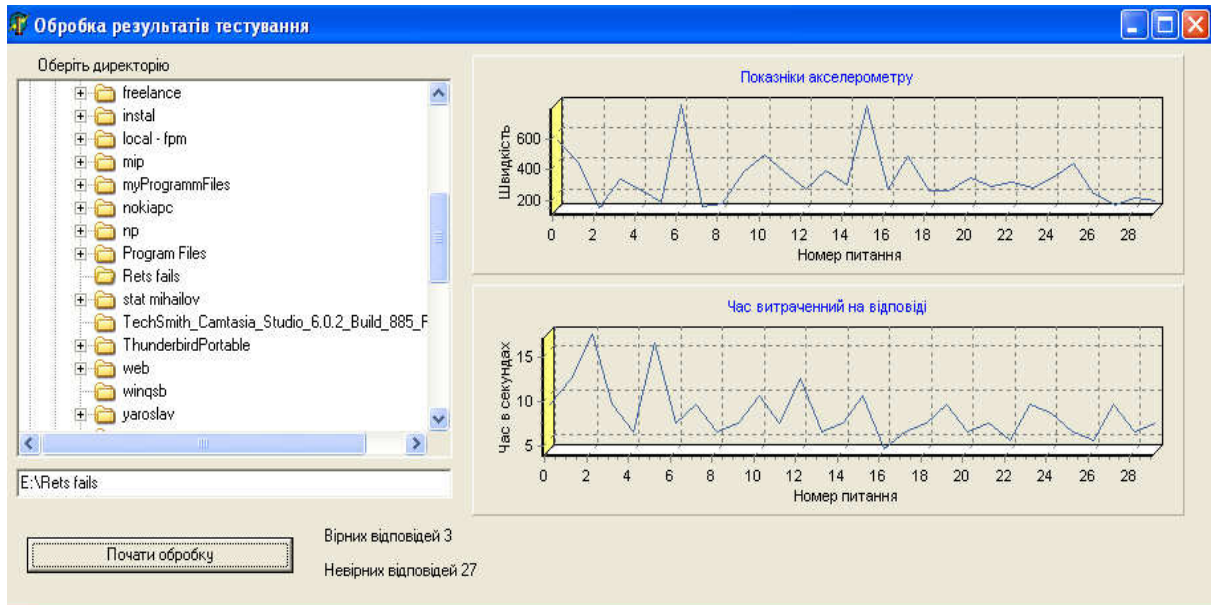


Рисунок 4.8 – Графіки показників акселерометру

Номер питання	Відповідь студента	Правильна відповідь	Час витрачений на питання	Показники акселерометру	патерн	фото обличчя	фото зіниці
1	3	1	9	548	погляд вліво: Аг-аудіальний спогад		
2	3	2	12	400	погляд вліво: Аг-аудіальний спогад		
3	1	3	17	120	погляд по центру		
4	4	4	9	301	погляд вліво: Аг-аудіальний спогад		

Рисунок 4.9 – Загальний вигляд таблиці результатів оператора

А саме – номер питання, відповідь оператора, номер правильної відповіді, час витрачений на запитання, а також показники акселерометру та патерн, який проявлявся під час відповіді на конкретне запитання. Крім того, в цьому рядку таблиці будуть два фото, перше буде показувати

загальне фото обличчя, а друге буде показувати фото ока, з розпізнаною зіницею. В кінці даного html файлу буде зроблений узагальнюючий висновок відносно типу сприйняття, який домінує у оператор. Наприклад, як на зображенні – «візуал, у якого домінує уява».

Таким чином, викладач має змогу проглянути основні фото, які супроводжували процес тестування.

Розглянемо детальніше файл, який програма отримує для обробки результатів тестування оператор.

Програма тестування client test.exe зберігає основну інформацію в csv файл (в якому розділяючим знаком виступає крапка - кома).

Структура файлу, по стовпчиках:

- варіант відповіді оператор;
- час від початку старту програми (в секундах);
- час в форматі (години, хвилини, секунди);
- показник акселерометру.

Даний файл можна легко переглядати та редагувати за допомогою будь-якої версії *MS Excel* або *Open Office Calc*. Даний файл не містить жодної надлишкової інформації, (наприклад стилів, чи макросів) та не потребує жодних додаткових бібліотек для завантаження та обробки.

Для швидкої обробки такого типу файлів підходить базовий клас для роботи з текстовими змінними та списками текстових змінних. Розглянемо приклад високорівневої роботи з масивом текстових змінних:

```
List := TStringList.Create;
ExtractStrings([';'], [], PChar(memo2.Lines[i]), List);
List.Destroy;
```

Спочатку ми створюємо відповідний масив, потім функцією `ExtractStrings` ми автоматично розділяємо потрібну нам текстову змінну за елементами масиву, а після обробки усіх елементів масиву ми його знищуємо.

	A	B	C	D	E
1	3	9	10:34:15	548.33	
2	3	21	10:34:27	400	
3	1	38	10:34:44	120	
4	4	47	10:34:53	301	
5	3	53	10:34:59	243	
6	3	69	10:35:15	157	
7	2	76	10:35:22	780	
8	2	85	10:35:31	132	
9	3	91	10:35:37	143	
10	1	98	10:35:44	345	
11	2	108	10:35:54	456	
12	1	115	10:36:01	345	
13	3	127	10:36:13	243	
14	3	133	10:36:19	357	
15	1	140	10:36:27	268	
16	3	150	10:36:37	768	
17	2	154	10:36:41	243	
18	3	160	10:36:47	454	
19	2	167	10:36:53	226	
20	1	176	10:37:03	231	
21	2	182	10:37:08	312	
22	1	189	10:37:15	256	
23	1	194	10:37:21	289	
24	2	203	10:37:29	251	
25	2	211	10:37:37	309	
26	1	217	10:37:44	401	
27	2	222	10:37:48	208	
28	1	231	10:37:58	142	
29	1	237	10:38:03	180	
30	2	244	10:38:10	170	
31					

Рисунок 4.10 – Структура файлу result.csv

Розроблено алгоритм співставлення імен файлів із зображеннями операторів з номерами відповідей в тестах. Як було зазначено раніше, програма робить 5 знімків на секунду, у кожного знімка ім'я – це порядковий номер кадру. Наприклад ми маємо файл 52.jpg, розділивши порядковий номер кадру на 5 отримаємо 10.4, а отже цей кадр було знято на 11 секунді роботи програми. Оскільки ми зберігаємо в файлі result.csv у другому стовпчику номера секунд під час яких було завершено відповідь на конкретне запитання, то можемо легко визначити, якому запитанню належить цей кадр. На рис.3.4 зрозуміло, що оператор відповів на перше питання на 9 секунді, а на друге на 21 секунді а отже на 11 секунді оператор працював над другим запитанням. По цілком аналогічному принципу йде обробка xml файлів що створюються після розпізнавання фотографій оператор.

В кодї програми ці маніпуляції виглядають наступним чином

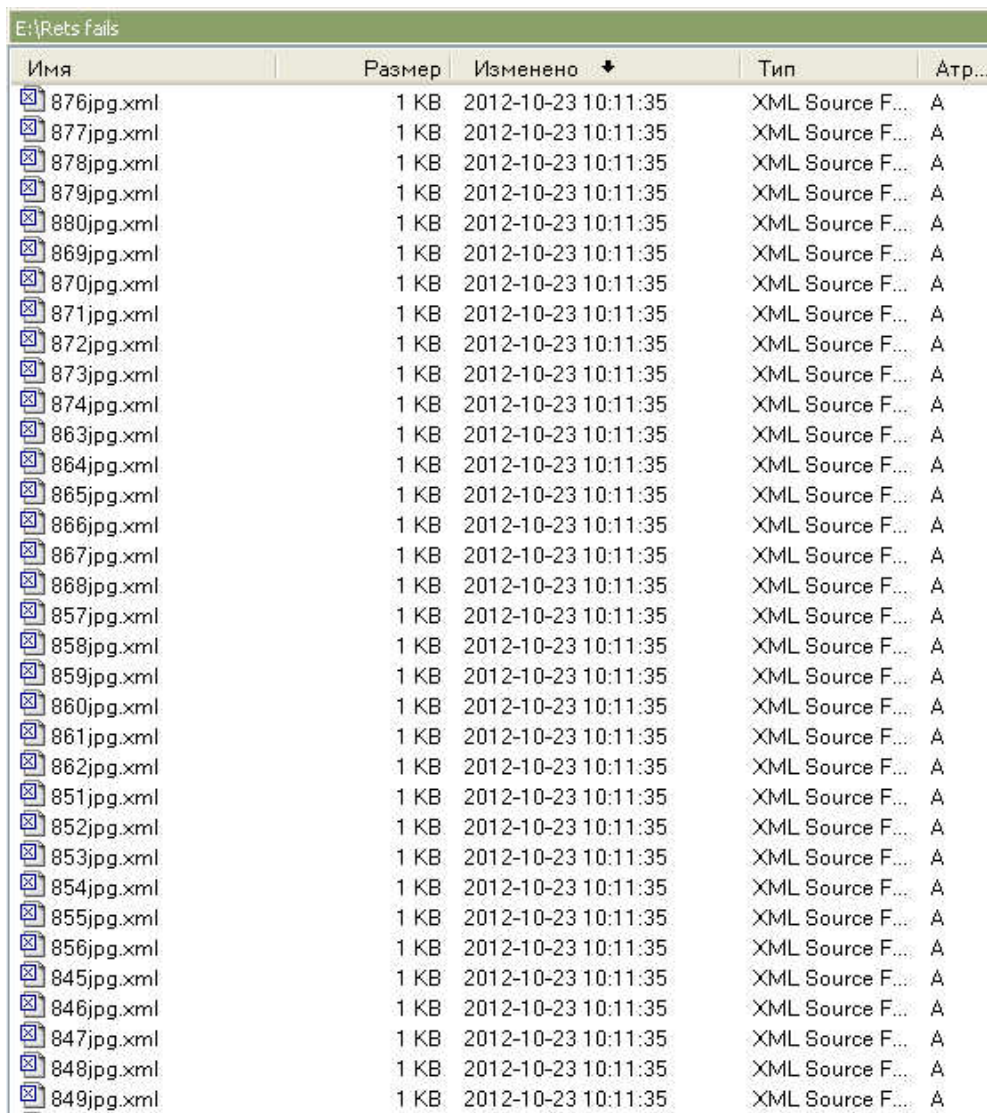
```
fln:=edit1.Text+'\+inttostr(prod*5)+'jpg.xml';
```

```
if fileexists(edit1.Text+'\+inttostr(prod*5)+'jpg.xml') then begin
```

```
memo5.Lines.LoadFromFile(edit1.Text+'\+inttostr(prod*5)+'jpg.xml');
```

Тобто спочатку зчитуємо діапазони фотографій які відповідають конкретним запитанням а вже потім перевіряємо присутність даних файлів на диску. І коли впевнимось у тому що файли є на жорсткому диску тоді завантажуюмо їх для подальшої обробки.

Ім'я кожного XML-файлу формується як ім'я зображення плюс розширення XML. ( рис 4.11)



Имя	Размер	Изменено	Тип	Атр...
876jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
877jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
878jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
879jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
880jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
869jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
870jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
871jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
872jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
873jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
874jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
863jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
864jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
865jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
866jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
867jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
868jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
857jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
858jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
859jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
860jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
861jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
862jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
851jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
852jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
853jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
854jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
855jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
856jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
845jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
846jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
847jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
848jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A
849jpg.xml	1 KB	2012-10-23 10:11:35	XML Source F...	A

Рисунок 4.11 – Список XML файлів



Розглянемо структуру XML-файлу, перелічивши усі його поля:

- дата та час
- максимальна ширина ока в пікселях
- максимальна висота ока в пікселях
- внутрішній радіус зіниці ока
- зовнішній радіус зіниці ока
- кута нахилу погляду в градусах
- довжина вектору погляду в пікселях
- координата X відносно центру ока
- координата Y відносно центру ока.

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<NewDataSet>
  <logs>
    <Time>2012-10-18T12:00:54.609375+03:00</Time>
    <Eye_x0020_Frame_x0020_Height>400</Eye_x0020_Frame_x0020_Height>
    <Eye_x0020_Frame_x0020_Width>400</Eye_x0020_Frame_x0020_Width>
    <Inner_x0020_Iris_x0020_radius>10</Inner_x0020_Iris_x0020_radius>
    <Outer_x0020_Iris_x0020_radius>10</Outer_x0020_Iris_x0020_radius>
    <Vector_x0020_in_x0020_degrees>30.9637547</Vector_x0020_in_x0020_degrees>
    <Vector_x0020_lenght>29.15476</Vector_x0020_lenght>
    <circle_x005F_x0020_iris_x005F_x0020_XY xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XM
  <X>203</X>
  <Y>172</Y>
    </circle_x005F_x0020_iris_x005F_x0020_XY>
    <Capture_x0020_time_x002F_msec>-40</Capture_x0020_time_x002F_msec>
  </logs>
</NewDataSet>

```

Рисунок 4.12 – Зміст XML-файлу

Таким чином маємо дуже компактну структуру файлу, файл займає менше кілобайту дискового простору, і легко читається за допомогою спеціальних бібліотек що реалізують читання XML файлів та розпізнавання їх тегів.

Але можна и не використовувати спеціалізовані XML-патерни, достатньо використати базові функції для роботи з текстовими змінними.

Наприклад, для знаходження значення тегу *X*, достатньо такого

компактного коду:

```

        if pos('<X>',s)>0 then
begin
    p1:=pos('<X>',s);
    p2:=pos('</X>',s);
    st:=p1+2;
    mas5[mini]:=strtoint(copy(s,st+1,p2-st-1));
    a5:=a5+1;
end;

```

Основна ідея для роботи з тегами це пошук координат початку та кінця тегу, а далі вирізання символів що знаходяться між цими координатами.

Для розпізнавання патернів нам достатньо оперувати 2-ма параметрами, це  $X$  та  $Y$ . Саме вони визначають положення центру зіниці ока відносно площини на яку йде проекція зображення самого ока.

Параметр  $X$  буде визначати горизонтальну проекцію погляду, і можливі варіанти – вліво, вправо, по центру.

Параметр  $Y$  буде визначати вертикальну проекцію погляду, і можливі варіанти – вверх, вниз, по центру.

Класичні праці с когнітивної психології а також нейролінгвістичного програмування стверджують що існують паттерни, що відповідають комбінаціям вищезгаданих проекцій погляду.

Розглянемо ці паттерни:

- погляд вправо:  $A_s$ –аудіальна конструкція;
- погляд вправо и вгору:  $V_s$ –візуальна конструкція;
- погляд на право і вниз:  $K$ –кінестетична уява;
- погляд на ліво вгору:  $V_r$ –зорові спогади;
- погляд вліво:  $A_r$ –аудіальний спогад;
- вліво вниз:  $A_d$ – аудіальне замкнене уявлення;
- погляд по центру.

Частота кожного патерну в тесті порівнюється с іншими патернами та робиться висновок який патерн домінує під час проходження тесту.

Алгоритм розгалуження в програмі працює так:

```
if (mas6[mini]>180) and (mas6[mini]<220) and (mas5[mini]>220) then
begin
```

```
  pate:='погляд вправо: Ac–аудіальна конструкція';
```

```
  psihotip:=psihotip+1;
```

```
  memor:=memor+1;
```

```
end;
```

```
if (mas6[mini]>220) and (mas5[mini]>220) then begin
```

```
  pate:='погляд вправо и вгору: Vc–візуальна конструкція';
```

```
  memor:=memor+1;
```

```
end;
```

```
if (mas6[mini]<180) and (mas5[mini]>220) then begin
```

```
  pate:='погляд на право і вниз: K–кінестетична уява';
```

```
end;
```

```
if (mas6[mini]>220) and (mas5[mini]<180) then begin
```

```
  pate:='погляд на ліво вгору: Vr–зорові спогади';
```

```
  memor:=memor+1;
```

```
end;
```

```
if (mas6[mini]>180) and (mas6[mini]<220) and (mas5[mini]<180) then
begin
```

```
  pate:='погляд вліво: Ar–аудіальний спогад';
```

```
  memor:=memor+1;
```

```
  psihotip:=psihotip+1;
```

```
end;
```

```
if (mas6[mini]<180) and (mas5[mini]<180) then begin
```

```
  pate:='вліво вниз: Ad–аудіальне замкнене уявлення';
```

```
  psihotip:=psihotip+1;
```

```
end;
```

```
if (mas6[mini]>180) and (mas6[mini]<220) and (mas5[mini]<220) and
(mas5[mini]>180)then begin
```

```
    pate:='Погляд по центру';
```

```
end;
```

Ми встановили межі чутливості для кожного патерну і порівнюючи показники з XML-файлу ми можемо класифікувати ті чи інші патерни.

В даному випадку центр для зіниці ока має координати від 180 до 220 пікселів як по шкалі  $X$  так і по шкалі  $Y$ . Якщо координати погляду менше ніж 180 по шкалі  $X$  то це погляд вліво по горизонтальній проекції, а якщо більше 220 по шкалі  $X$  то це погляд праворуч по горизонтальній проекціях.

В тому випадку якщо координата по шкалі  $Y$  менше 180 то це погляд вниз по вертикальній проекції, а якщо більше 220 то це погляд вгору по вертикальній проекції.

Загальний же висновок відносно психотипу оператора ЕСКЗ виконується таким чином:

```
if (memor>tc/2) and (psihotip>tc/2) then visnovok:='оператор аудіал у якого
домінують спогади';
```

```
if (memor>tc/2) and (psihotip<=tc/2) then visnovok:='оператор аудіал у
якого домінує уява';
```

```
if (memor<=tc/2) and (psihotip<=tc/2) then visnovok:='оператор візуал у
якого домінує уява';
```

```
if (memor<=tc/2) and (psihotip>tc/2) then visnovok:='оператор візуал у
якого домінують спогади';
```

```
htm.Lines.Add('<p> Висновок:'+visnovok+' </p>');
```

Під час обробки кожного запитання зберігаємо кількість питань, де була підтверджена схильність оператор до візуального чи аудіального сприйняття, а також два параметра які підраховують, як часто оператор використовував уяву або пам'ять.

Розглянемо також програму для розпізнавання координат зіниці ока. Основні алгоритми розпізнавання людського ока, а також його зіниці

знаходяться в декількох DLL-файлах, а функції можна викликати з тіла програми попередньо, імпортувавши виклики цих функцій в заголовок програми.

Щоб отримати повний список людських обличч потрібно застосовувати функцію `DetectHaarCascade`.

Ми використаємо типізовану змінну `faces`, яка буде зберігати усі параметри обличчя а також ока та положення його зіниць.

Вцілому цей код виглядає так:

```
Image<Gray, byte> grayframe = nextFrame.Convert<Gray, byte>();
    var faces = grayframe.DetectHaarCascade(
        haar, 1.2, 4,
        HAAR_DETECTION_TYPE.DO_CANNY_PRUNING,
        new Size(nextFrame.Width / 8, nextFrame.Height / 8))[0];
```

Далі ведемо пошук очей на обличчі оператора та знаходження координат зіниць ока:

```
MCvFont f = new MCvFont (Emgu.CV.CvEnum.FONT.
    CV_FONT_HERSHEY_COMPLEX, 1.0, 1.0);
```

```
    try
    {
        inner_eye_radius = 0;
        outer_eye_radius = 0;
        Image<Bgr, byte> faceFrame = new Image<Bgr, byte>(400, 400);
        Console.WriteLine(faces.Length - 1);
        faceFrame = nextFrame.GetSubRect(faces[faces.Length -
```

Вищеприведений код програми був написаний на *C#* з комплекту програм під назвою Visual Studio 2010. Дана програма потребує встановленого Microsoft Frame Work 4.0 або вищого. Дана програма виводить в консоль Windows статус обробки даних, основні координати та іншу важливу інформацію. Загалом блок схема роботи програми виглядає наступним чином (рис. 4.13 ):

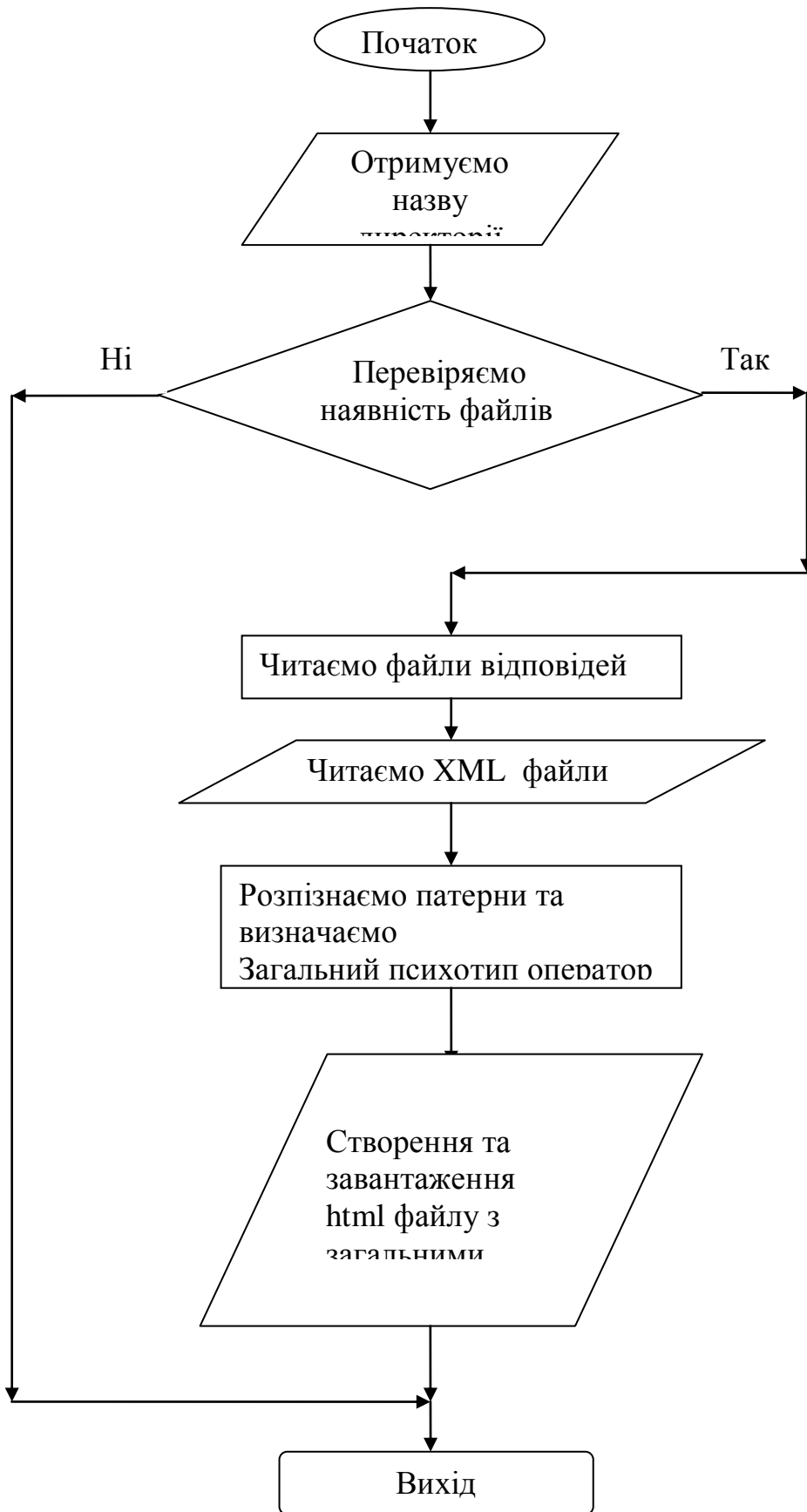


Рисунок 4.13 – Блок-схема роботи програми

#### 4.4 Висновки до четвертого розділу

У даному розділі розроблені в роботі моделі і рішення були використані для створення інформаційної технології, яку реалізовано у вигляді програмно-апаратних засобів, використаних для підвищення відмовостійкості ергатичних систем критичного застосування. Результати дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

Було розроблено спеціальне програмне забезпечення, призначене для пакетної обробки даних отриманих в результаті спеціалізованого тестування оператора, яке відображає певні «пробіли» у індивідуальному інформаційному профілі та рівні професійної готовності оператора.

Впровадження розроблених рішень у виробничій процес показало їх ефективність. Так кількість відмов з вини оператора за звітний період (2 роки) зменшилась з 12 до 7 в Херсонській дирекції залізничних перевезень Одеської залізниці та з 9 до 4 в «ВКФ Кріопром ООО». За рахунок формування індивідуального графіку перевірки рівня професійної готовності оператора з врахуванням індивідуального часу на цей процес, ефективність роботи операторів на вказаних підприємствах збільшилась в середньому на 27 %, а їх кількість з показниками рівня професійної готовності до норми встановленої в ЕСКЗ, зросла майже вдвічі. Результати дисертаційної роботи впроваджено також в навчальний процес Одеського національного політехнічного університету.

Розроблена інформаційна технологія підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок своєї універсальності може бути впроваджена в наступні галузі роботи ергатичних систем критичного застосування: диспетчерські системи управління повітряним, морським, автомобільним рухом; системи оперативного управління ядерними реакторами; технологічними агрегатами в металургії та ін.

З метою підвищення ефективності запропонованих рішень, передбачається розробити додаткові програмні модулі:

– Mind Manager – програмне забезпечення, яке створює електронні карти пам'яті оператора. Якщо оператор час від часу презентує свою роботу під час нарад та у інших формах спільної роботи, то цей програмний модуль дозволяє ОПР-керівнику ЕСКЗ фіксувати інформацію у вигляді візуальної системно-блокової структури, що оптимізована до експертного аналізу.

– After Action Review – програмне забезпечення, яке призначається для аналізу ситуацій критичного значення в роботі ЕСКЗ за участю оператора.

Акти впровадження представлені у додатках Б, В, Г.

Основні результати цього розділу опубліковані в [15, 16, 73].



## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить нові, раніше незахищені науково-обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які полягають у розробленні моделей та методів для підтримки рівня професійної готовності оператора, як складової ЕСКЗ, та інформаційної технології підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки рівня професійної готовності оператора.

1. Проведений в роботі аналіз стану проблеми показав, що методи та моделі, які використовуються в інформаційних технологіях підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки рівня професійної готовності операторів, розраховані на груповий підхід та не враховують вплив індивідуальних психофізіологічних характеристик оператора на його індивідуальний графік перевірки та підвищення рівня професійної готовності.

2. Обґрунтовано необхідність врахування як професійних характеристик, так і психофізіологічних для формування індивідуального інформаційного профілю оператора, який використовується для розробки інформаційної моделі оператора, що дозволить індивідуалізувати процес підтримки рівня професійної готовності оператора ЕСКЗ.

3. У роботі отримав подальший розвиток метод оцінки рівня професійної готовності оператора на основі об'єднання методів Г. Еббінгауза та М. Джонса з урахуванням індивідуального інформаційного профілю оператора, що дозволило визначити індивідуальний час зниження рівня професійної готовності оператора та сформувати індивідуальний графік перевірки цього рівня.

4. Розроблено метод визначення індивідуального часу на процес підвищення рівня професійної готовності оператора за рахунок використання апарату нечіткої логіки, що дозволило підвищити оперативність цього процесу. Застосування розробленого методу надало можливість відділу, який займається перевіркою якості рівня професійної готовності оператора ЕСКЗ, отримати

рекомендації стосовно індивідуального часу необхідного на підвищення цього рівня для оператора з урахуванням його індивідуального інформаційного профілю.

5. Розроблено узагальнений метод підтримки рівня професійної готовності оператора ЕСКЗ, який складається з восьми послідовних ітерацій, направлених на формалізацію цього процесу. Такий метод дозволив отримати рекомендації при розробці індивідуального графіку підвищення рівня професійної готовності оператора з урахуванням інформаційного профілю та його типу сприйняття інформації. Застосування запропонованого методу при розробці інформаційної технології, дозволило визначити способи індивідуальної подачі інформації для процесу підвищення рівня професійної готовності оператора та зменшити кількість відмов ергатичних систем критичного застосування з вини оператора.

6. На базі запропонованих рішень створено інформаційну технологію підвищення відмовостійкості ЕСКЗ за рахунок підтримки рівня професійної готовності оператора для створення якісно нового рівня надійності ергатичної ланки ЕСКЗ. Для реалізації такої технології було розроблено спеціальне програмне забезпечення, яке дозволило визначити як професійні характеристики оператора так і психофізіологічні, для індивідуалізації процесу підвищення рівня професійної готовності оператора, що значно підвищило оперативність цього процесу та збільшило ймовірність зниження аварійно-небезпечних ситуацій з вини оператора ЕСКЗ.

7. Результати дисертаційного дослідження впроваджено в Херсонській дирекції залізничних перевезень Одеської залізниці та «ВКФ Кріопром ООО». Використання розробленої інформаційної технології підтвердило ефективність запропонованих рішень – кількість відмов за звітний період (2 роки) зменшилась з 12 до 7 в Херсонській дирекції залізничних перевезень Одеської залізниці та з 9 до 4 в «ВКФ Кріопром ООО», оперативність процесу підвищення рівня професійної готовності збільшилась в середньому на 27 %, а кількість операторів, у яких після процесу підтримки рівня професійної

готовності, він став відповідний до норми встановленої в ЕСКЗ, зросла майже вдвічі. Отримані результати підтверджено відповідними актами впровадження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boyd J. R. Organic Design for Command and Control [Text] / J. R. Boyd. – USA, Atlanta, Georgia, 2005. – 40 p.
2. Burov A.Yu. Mental workload, work conditions and health of operators of thermal power plants [Text] / Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 24.-26. März 2004 an der ETHZ Zürich // herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. Dortmund: GfA-Press, 2004. 195-198.
3. Burov O. Information environment: an opportunity for social labour rehabilitation vs. new ergonomic problems [Text] // Ergonomia niepełnosprawnym w zmieniającym się otoczeniu I w rehabilitacji / Pod red. J.Lewandowsiego, J.Lacewics-Bartoszewskiej. - Łódź, Wydawnictwo Politechniki Łodzkiej, 2005. – 98-105p.
4. Burov O.Yu. Monitoring of Operators' Professional Aging. In: International Encyclopedia of Ergonomics and Human factors [Text] // Second Edition. Edited by Waldemar Karwowsky. Taylor&Frances, 2006. 825-828.
5. Bushuev R. Technical ergatic systems [Text] / Bushuev R. // Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2000.
6. Cohen M.H., Voice User Interface [Text / Cohen M.H., Giangola J.P, Balogh J. // Publisher, Addison-Wesley Professional, 2004. – 368 p.
7. Cohen M.H., Giangola J.P, Balogh J. Voice User Interface Design, Publisher: Addison-Wesley Professional, 2004. - 368 p.
8. Hollnagel, E. Human Reliability Analysis: Context and Control [Text] / E. Hollnagel //Academic. – London, 1993. – 336 p.
9. Pupkov K. A. Learning and Adaptation in Man-Machine systems. Intelligent systems / K. A. Pupkov, A. D. Ustyuzhanin // Proceeding of the Fifth International Symposium. – M., 2002. – P. 106–111.

10. Reason, J. A. Systems approach to organizational error [Text] / J. A. Reason // *Ergonomics*. – Vol. 38. – № 8. – 727 p.
11. Tertyshnaya, T. I. Automated monitoring system of knowledge [Text] / T. I. Tertyshnaya, E. V. Kolesnikova, V. D. Gogunsky. – Odessa: Proc. Odessk. Polytechnic. University. – 2001. – Issue. 1 (13). – P.125–128 [in Russian].
12. Tsvetkov V.Ia. Cognitive aspects of building a virtual educational models. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.3, pp.38-46 (in Russian).
13. Абрамов, В. М. Характеристики надёжности и функциональной безопасности структур железнодорожной автоматики / В. М. Абрамов, Б. Д. Никифоров, Д. В. Шалягин // *Вестн. ВНИИЖТ*. – 2006. – № 1. – С. 32–38.
14. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Человеко-машинные системы автоматизации: управление качеством, безопасностью и надёжностью [Текст]. – К.: НВК "КИА", 2000. – 296 с.
15. Бабич, Ю. І. Інформаційна система визначення типу сприйняття інформації для вибору індивідуальної стратегії відновлення професійних знань [Текст] / Ю. І. Бабич, М. І. Бабич // *Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича / Комп'ютерні системи та компоненти*. – Том 5. – № 2, Чернівці: ЧНУ, 2014. – С. 52 – 56.
16. Бабич, Ю. І. Визначення індивідуальних характеристик суб'єкта критичної інфраструктури, які впливають на процес відновлення його професійних знань в знання-орієнтованих системах підтримки прийняття рішень [Текст] / Ю. І. Бабич, М. І. Бабич, В. М. Тонконогий // *Збірник наукових праць / Високі технології в машинобудуванні*. – Вип.1(24) – Харків: НТУ «ХП», 2014 – С. 3 –11.
17. Балановський П.К. Використання ЕОМ для практичної підготовки фахівців зв'язку [Текст] / П.К. Балановський, А.П. Глушко, С.А. Литвин // *Військова освіта: зб. наук. пр.* – Харків : Основа, 2000. — № 8. – С. 220–223.

18. Барсегян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP [Текст]: Уч. пос. – СПб: BHV, 2007. – 384 с.
19. Башкиров Ю.М. Тренажерно-імітаційний комплекс на базі ЕОМ [Текст] / Ю.М. Башкиров, І.В. Єременко, Н.А. Стасевич, А.І. Бобунов // Військова освіта : зб. наук. пр. — Харків : Основа, 2000. – № 8. – С. 80–82.
20. Бобровский В.И. Повышение качества обучения оперативно-диспетчерского персонала железнодорожных станций с использованием компьютерных тренажеров [Текст] / Бобровский В.И., Вернигора Р. В. // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології», Вип. 3. – К.: КУЕТТ, 2003. – с. 54-61.
21. Бобровский В.И. Применение компьютерных тренажеров для оценки профессиональных качеств оперативно-диспетчерского персонала [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора // Інформ.- керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 4-5. – с. 123-124.
22. Бобровский В.И. Количественная оценка технико-технологических параметров железнодорожных станций на основе эргатических моделей [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин // Вісник ДНУЗТ - №16 - Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007 - с.50-57.
23. Бобровский В.И. Эргатические модели железнодорожных станций [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології», Вип. 5. – К.: КУЕТТ, 2004. – с. 80-86.
24. Борисов А.Н. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной [Текст] / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Крумберг О.А. – Рига: Зинатне, 1982. – 256 с.
25. Брусенцов, В. Г. Надежность железнодорожных операторов как фактор безопасности движения [Текст] / В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбян, А.

В. Гончаров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 2. – С. 68-72.

26. Будько В. И. Алгоритмы обработки экспертной информации [Текст] / В. И. Будько, В. Г. Беленков, И. Н. Сеницын, А. С. Рыков // Информационные технологии. – 2003. – № 10. – С. 56–60.

27. Буров А.Ю. Принципы конструирования систем управления работоспособностью операторов [Текст] // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, Харьков, 2003. – Вып. 21. – С.75-77.

28. Буров А.Ю. Функциональное состояние и работоспособность оператора: технологии оценки и прогнозирования [Текст] // Психология и эргономика. – 2003. - №3. – С.31-32.

29. Буров О. Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності: дис. д-ра техн. наук: 05.01.04 [Текст] / Буров О.Ю. // НДІ проблем військової медицини Збройних сил України. – К., 2006. – 329 с.

30. Буров О. Ю. Інформаційні технології адаптивного управління працездатністю людини [Текст] // Науково-технічна інформація. – 2005. – №1. – С. 41-43.

31. Буров О. Ю. моделі управління працездатністю оператора систем [Текст] // Науково-технічна інформація. – 2005. – №3. – С.15-18.

32. Буш Р., Мостеллер Ф. Стохастические модели обучаемости [Текст]. – М.: Физматгиз, 1962. – 484 С.

33. Василенко Н. В. Модели надежности программного обеспечения [Текст] / Н. В. Василенко, В. А. Макаров // Вестник Новгородского государственного университета. – 2004. – С. 126–132. 4. Майерс Г.

Надежность программного обеспечения [Текст] / Г. Майерс. – М. : Мир, 1980. – 360 с.

34. Воронин А.Н., Зиатдинов Ю.К., Харченко А.В. Сложные технические и эргатические системы [Текст]: Методы исследования / Под ред. Воронина А.Н.-Х.:Факт,1997. – 240 с.

35. Гагарін О.О., Титенко С.В. Дослідження і аналіз методів та моделей інтелектуальних систем безперервного навчання [Текст] // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2007. – № 6(56). – С. 37-48.

36. Гасов В.М., Соломонов Л.А. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ [Текст] / Практическое пособие. М.: Высшая школа, – 2000. – № 12. – С. 29–33.

37. Горобченко О. М. Формалізація задачі поточної оцінки безпеки руху при управлінні локомотивом [Текст] // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 24. - К.: ДЕДУТ, 2014. - С. 214-221.

38. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А. И. Губинский. – Л.: Наука,1982. – 270 с.

39. Гудеев А. И. Проблемы современных эргатических систем [Текст] / А. И. Губинский. – Л.: Наука, – 1982. – 268 с.

40. Гуляев В. А. Применение нечеткой логики в управляющих и диагностических устройствах [Текст] / Гуляев В. А., Бугаев А. Е., Аль-Хадиди М. – Электронное моделирование. – 1993. – Т. 15, № 4. – С. 69–73.

41. Гученко М.І. Об'єктивна оцінка рівня навченості оператора при вирішенні задачі компенсаційного стеження в умовах зміни рівня збурень в процесі навчання [Текст] // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2001. -№1(10). – С. 321- 325.



42. Гученко М.І. Особливості спектральних та статистичних характеристик вихідного сигналу оператора в ідеальній системі компенсаторного стеження [Текст] // Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології. 14-17 квітня 2004 р., – Кременчук, ІЕНТ. – С. 147-14.

43. Гученко Микола Іванович. Методи і моделі підготовки операторів рухомих об'єктів в автоматизованих навчальних системах [Текст]: дис. д-ра техн. наук: 05.13.06 / Кременчуцький держ. політехнічний ун-т. – Кременчук, 2006. – 397 с.

44. Джексон П. Введение в экспертные системы [Текст]: пер с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.

45. Дзюбчук Р. В. Використання програм-імітаторів для вирішення проблем практичної підготовки спеціалістів з експлуатації складних інформаційно-технічних систем [Текст] / Р. В. Дзюбчук // Кібернетика і системний аналіз : зб. наук. пр. – Харків: ХУПС, 2008. – Вип. 3 (18). – С. 74 – 78.

46. Дружинин В.Н. Когнитивные способности: структура, диагностика, развитие [Текст]. М.: ПЕРСЭ – СПб.: ИМАТОНМ, 2001. – 224 с.

47. Дудзяний, І. М. Об'єктно-орієнтоване моделювання програмних систем [Текст] / І. М. Дудзяний: навч. посібник. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 108с.

48. Заде Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решения [Текст] // Математика сегодня: Сб. ст. М.: Знание, 1974. – 48 с.

49. Зайченко Ю. П. Исследование разных видов функций принадлежности параметров нечетких прогнозирующих моделей в нечетком методе группового учета аргументов / Ю. П. Зайченко, И. О. Заец, О. В.

Камоцкий, О. В. Павлюк // Управляющие системы и машины. – 2003. – № 2. – С. 56–67.

50. Закон Верховной Рады Украины № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18.01.2001.

51. Зараковский Г. М. Закономерности функционирования эргатических систем [Текст] / Г. М. Зараковский, В. В. Павлов – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.

52. Зотов М.В. Дисфункции когнитивного контроля у лиц с суицидальным поведением: данные регистрации движений глаз [Текст] / М. В. Зотов, В.М. Петрукович // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / под ред. В.А. Барабанщикова. – М.: Изд-во ИП РАН, 2010. – С. 384–390.

53. Касьянов В. О. Суб'єктивний аналіз [Текст] / В. О. Касьянов: Монографія. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.

54. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата [Текст] / Ю. Н. Ковалев. – К.: КМУГА, 1996. – 134 с.

55. Кобелев В. Н. Когнитивная психология / В. Н. Кобелев. – М.: ПЕРСЭ, 2002. – 480 с.

56. Колачов С. П. Сучасні ергатично-системотехнічні проблеми створення інформаційно-управляючих систем військового призначення [Текст] / С. П. Колачов, Ю. П. Недайбіда, О. В. Драглюк, О. О. Шугалій // Академія Внутрішніх Військ МВС МО України, м Харків, Сбірник наукових праць, вип. №1/(17), 2011.

57. Колгатін О. Проблема вимірювання якостей знань і психофізіологічного обосновання рішень [Текст] / В. А. Крисилів // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2003. – Вып.1 (19) – С. 102–106.

58. Колмогоров А. Основные понятия теории вероятностей [Текст] / Колмогоров А. – М.: Наука, 1974. – 120 с.

59. Косенко Ю. І. Об'єктно-орієнтований підхід в ступеневій моделі керування структурними елементами [Текст] / Сафонов М. С., Коленко В. В., Косенко Ю. І. // Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції / Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах. – Переяслав-Хмельницький, 2012. – С. 234 – 235.

60. Косенко, Ю. І. Выбор стратегии индивидуального планирования учебной деятельности студента в условиях неопределенности [Текст] / П. С. Носов, Ю. И. Косенко, В. Д. Яковенко // Збірник наукових праць / Високі технології в машинобудуванні – Вип. 5 – Харків: НТУ «ХПІ», 2010 – С. 334 – 339.

61. Косенко, Ю. І. Нечіткі моделі і методи ідентифікації та прогнозу стану інформаційної моделі студента [Текст] / П. С. Носов, Ю. І. Косенко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – Вип. 1 (25), Херсон: ХНТУ, 2010. – С. 26 – 30.

62. Косенко, Ю. І. Комплексна система оцінки мотивації студентів [Текст] / Ю. І. Косенко // Збірник наукових праць за матеріалами всеукраїнської науково-методичної конференції / Перспективні інновації у підготовці педагогічних та інженерних кадрів: теорія, методологія, досвід. – Херсон: ХДУ, 2010. – С. 69 – 71.

63. Косенко, Ю. І. Модель знаходження оптимуму знань-умінь студента в умовах індивідуалізації навчання [Текст] / П. С. Носов, М. С. Сафонов // Вісник національного технічного університету / Нові рішення в сучасних технологіях. – № 24, Харків: НТУ, 2011. – С. 68 – 72.

64. Косенко Ю. І. Моделі навчання та їх роль у процесі відновлення знань спеціалістів технічних напрямків [Текст] / Косенко Ю. І., Носов П. С. // Збірник праць за матеріалами всеукраїнської науково-практичної конференції /

Сучасні енергетичні установки на транспорті та обладнання для їх обслуговування. – Вип. 2. – Херсон, 2011. – С. 191 – 193.

65. Косенко Ю. І. Модель управління подачей учебного материала в условиях неопределенности [Текст] / П. С. Носов, Ю. И. Косенко, А. Ю. Кравченко, С. В. Лопатнев, Р. С. Йовенко // Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции / Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте. – Вип. 1, Том 4. Технические науки. – Одесса: Куприенко, 2010. – С. 39 – 41.

66. Косенко, Ю. І. Проблеми ідентифікації та структуризації знань суб'єкта навчання в автоматизованих системах [Текст] / Ю. І. Косенко, П. С. Носов. // Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции / Современные направления теоретических и прикладных исследований. – Вип. 1, Том 5. Технические науки. – Одесса: Куприенко, 2011. – С. 14 – 16.

67. Косенко, Ю. І. Система ідентифікації функціональної ентропії суб'єкта критичної інфраструктури [Текст] / Косенко Ю. І., Рослякова С. В., Носов П. С. // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции / Современные направления теоретических и прикладных исследований. – Вип. 2. – Одесса, 2013. – С. 50 – 54.

68. Косенко, Ю. І. Узагальнена модель відновлення знань суб'єкта соціальної критичної інфраструктури на базі модернізованого циклу Шухарта-Демінга [Текст] / Ю. І. Косенко, П. С. Носов // Збірник наукових праць / Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві – Вип. (1)2 – Одеса, 2013. – С. 217 – 221.

69. Косенко, Ю. І. Узагальнена модель показників засвоєння знань суб'єктами навчання [Текст] / Ю. І. Косенко, В. Д. Яковенко, Ю. В. Арбузова // Збірник наукових праць / Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві – Вип. (1)1 – Одеса, 2012. – С. 63 – 66.

70. Косенко, Ю. І. Управление мотивацией субъекта обучения в задачах восстановления знаний [Текст] / П. С. Носов, Ю. И. Косенко // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции / Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2012. – Вып. 2, Том 5. Технические науки. – Одесса: Куприенко, 2012. – С. 28 – 31.

71. Косенко, Ю. І. Використання ланцюгів Маркова для прогнозування колективної мотивації студентів [Текст] / Ю. І. Косенко, П. С. Носов, Є. О. Яковенко // Збірник наукових праць / Східно-європейський журнал передових технологій – Вып. 3/4(45) – Харків: Технологічний центр, 2010 – С. 30 – 32.

72. Косенко, Ю. І. Механізм ідентифікації та трансформації знань суб'єкта критичної інфраструктури [Текст] / П. С. Носов, Ю. И. Косенко // Збірник наукових праць / Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві – Вып. 3(4) – Одеса, 2013. – С. 99 – 104.

73. Косенко, Ю.І. Побудова нечіткої моделі студента в задачах автоматизованого управління процесом відновлення знань [Текст] / Ю. І. Косенко, П. С. Носов, В. Д. Яковенко // Збірник наукових праць за матеріалами науково-практичної конференції / Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика СППР – Вып. 2 – Київ, 2010. – С. 154 – 156.

74. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст] / А. Кофман // Радио и связь.– Москва, 1982. – 432 с.

75. Крислов, В.А. Оценка сложных объектов – основной механизм при решении задач [Текст] / В. А. Крислов // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика СППР. – Вып. 2 – Київ, 2010. – С. 154 – 156.

76. Макаренко, Л. М. Вплив людського чинника на безпеку руху залізничного транспорту [Текст] / Л. М. Макаренко // Залізн. тр-т України. – 2010. – № 1. – С. 46-51.

77. Матвейшина Н.В. Анализ деятельности оперативного персонала АЭС и задачи совершенствования контроля знаний операторов [Текст] / Н. В. Матвейшина // Придніпровський науковий вісник. – № 52 – Днепропетровск, 1998.

78. Матвієвський О. М. Методичний підхід до обґрунтування характеристик тренажних засобів і систем [Текст] / О. М. Матвієвський, О. В. Герасименко, Ю. М. Щєбланін // Наука і оборона. – 2005. – № 1. – С. 59 – 65.

79. Мелецинек Адольф. Инженерная педагогика [Текст] / А. Мелецинек. – М.: МАДИ (ТУ), 1998. – 185 с.

80. Мелован А. А. Методика для діагностики учбової мотивації студентів [Текст] / А. А. Мелован // Вплив мотиваційного чинника на розвиток розумових здібностей: Монографія. – Улан-Уде, 2004. – С.151-154.

81. Копытчук Н. Б. Информационная модель управляющих информационных систем: термины и определения [Текст] / Н. Б. Копытчук // Труды Одесского политехнического университета. – Вып. 1(17). – 2002,

82. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України № 507 від 31.08.2005 «Про затвердження Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України».

83. Новикова Н. М. Автоматизация исследований психофизиологических характеристик человека-оператора [Текст] / Н. М. Новикова // Изв. высш. учебн. заведений. Электроника. – 2002. – № 3. – С. 74–77.

84. Новикова Н. М. Статистическая модель распознавания изображений [Текст] / Н. М. Новикова // Оптимизация и моделирование в

автоматизированных системах: сб. научн. тр. – Воронеж: ВГТУ, 1999. – С. 4–8.

85. Новицкий Н. М. Модели распознавания видеоизображений [Текст] / Н. М. Новикова // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: сб. научн. тр. – Воронеж: ВГТУ, 1999 – С. 14 – 18.

86. Носов П. С. Применение адаптивних функцій для влияния на модель знаний студента [Текст] / П. С. Носов, В. М. Тонконогий, А. Е. Яковенко // Труды Одесского политеха. – № 1. – 2006.

87. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ [Текст]: в 7 т. / под ред. В. Н. Четверикова. – М. : Высшая школа. – Т. 1. – 1990. – 448 с.

88. Основные принципы обеспечения безопасности и безотказности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Электронный ресурс] // Памятка ОСЖД Р-858. – Варшава, 2006. – 24 с. – Режим доступа: [http://osjd.org/doco/public/P\\_858.pdf](http://osjd.org/doco/public/P_858.pdf). – Загл. с экрана.

89. Осоченко Ф. Б. Оценка результативности научных исследований / Ф. Б. Осоченко, А. В. Балышев // Теория и практика системного анализа. Труды I Всероссийской научной конференции молодых ученых. – Т. 2. – Рыбинск: РГАТА имени П. А. Соловьева, 2010. – С. 60–69.

90. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ [Текст] / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 500с.

91. Піх, Б. П. Надійність людського чинника як основа безпеки руху [Текст] / Б.П. Піх, В. П. Думський // Медицина залізничного транспорту України. – 2004. – № 3. – С 60-61.

92. Поліщук С. Т. Методика прогнозування ймовірності виконання завдання людиною-оператором за критерієм ліміту часу [Текст] / С. Т. Поліщук // Вісник НАУ. – 2009. – № 3. – С. 87–90.

93. Растрингин Л. А. Адаптация сложных систем [Текст]. — Рига: Зинатне, 1981.— 375 с.
94. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Влияние методов дефаззификации на скорость настройки нечеткой модели [Текст] // Кибернетика и системный анализ. – 2002. – № 5. – С. 169–176.
95. Русинова, Н.В. Методика проведения анализа тестов по результатам тестирования [Текст] / Н. В. Русинова, Т. В. Онищенко, В. А. Крисиллов – Одесса: Тр. Одесского политехн. ун-та. – 2007. – Вып. 1(13). – С. 125 – 128.
96. Сергеев С. Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред [Текст] / С. Ф. Сергеев. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 259 с.
97. Скалозуб В. В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст] / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
98. Спицнадель В. Н. Теория и практика принятия оптимизации принятых решений операторами критических систем [Текст] / В. Н. Спицнадель. – 1997 с.
99. Таха Хемди, А. Введение в исследование операций [Текст] / Хемди А. Таха // 7-е издание.: Пер. с англ.— М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. — 912 с.
100. Терещенко А. В. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах [Текст] / А. В. Терещенко. Учеб. пособие для вузов— 2-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2004.— 328 с.
101. Титенко С. В. Практична реалізація технології автоматизації тестування на основі понятійно-тезисної моделі [Текст] / Титенко С. В., Гагарін О. О. // Сборник научных трудов 10-й Международной конференции



Украинской ассоциации дистанционного образования / Под общ. ред. В. А. Гребенюка. – Харьков-Ялта: УАДО, 2006. – С. 401- 412.

102. Тузовский А. Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) [Текст] / А. Ф. Тузовский, С. В. Чириков, В. З. Ямпольский. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.

103. Тузовский А. Ф. Основные принципы создания системы управления знаниями компании [Текст] / А. Ф. Тузовский, В. З. Ямпольский // Вычислительные технологии: Сб. научн. трудов. Т. 8. Спец. вып. – Новосибирск, 2003. – С. 26 – 34.

104. Харченко В. П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи : монографія [Текст] / В. П. Харченко, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.

105. Хекхаузен, Х. Психология мотивации достижения [Текст] / Х. Хекхаузен. СПб. – 2001.

106. Холман К. XML и связанные с ним стандарты: Краткий справочник для руководителя, информационный бюллетень Jet Info. – 2000. – № 7 (86). – 24 с. (доступен на <http://www.jetinfo.ru/2000/7/2000.7.pdf>).

107. Чабаненко П. П. Моделювання навчання операторів систем озброєння і військової техніки [Текст] / П. П. Чабаненко // Зб. наук. праць. – К.: Науково-методичний центр військової освіти МО України, 2003. – № 11. – С. 165-173.

108. Чачко А.Г. Подготовка операторов энергоблоков. Алгоритмический подход [Текст]. - М., 1986.

109. Чернышев В. Н., Двинин А.П., Романченко И.А., Тесленко В.М. / Оптимизация работоспособности операторов ТЭЦ как фактор повышения надежности персонала [Текст] // В. Н. Чернышев, А. П. Двинин, И. А. Романченко, В. М. Тесленко. – Электрические станции. – 1992. - № 4. - С. 11-14.

110. Шеридан Т. Б. Системы человек-машина [Текст] / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел / пер. с англ. А. А. Кобринского; под ред. К. В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 343 с.

111. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении [Текст] / Е. В. Шикин, А. Г. Чхартишвили. – М.: Дело. – 2009.

112. Шмелева Т. Ф. Автоматизация управления предотвращением возникновения внештатных ситуаций [Текст] / Т. Ф. Шмелева // Автоматика-2004: 11-та міжнар. конф. по автоматичному управлінню, Київ, 27-30 верес. 2004 р.: тези доповідей. – Т. 3. – К.: НУХТ, 2004. – С. 18.

113. Шмельова Т. Ф. Прийняття рішення в екстремальних умовах [Текст] / Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту – 2008: міжнар. наук. конф., Євпаторія, 10-13 трав. 2007 р.: тези доповідей. – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2007. – С. 96–99.

114. Шмельова Т. Ф. Прийняття рішення в екстремальних умовах з урахуванням інформації про емоційний стан пілота [Текст] / Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту – 2008: міжнар. наук. конф., Євпаторія, 19-23 трав. 2008 р.: тези доповідей. – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2008. – С. 76–79.

115. Шмельченко Г. Ф. Прийняття рішення в емоційному стані [Текст] / Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту – 2008: міжнар. наук. конф., Євпаторія, 19-23 трав. 2008 р.: тези доповідей. – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2008. – С. 56–99.

116. Шурыгин О. В. Использование экспертных и вероятностных методов оценки при выборе отказоустойчивых структур [Текст] / О. В.

Шурыгин // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 6 (25).– С. 68 – 71.

117. Эббингауз Г. О памяти. Хрестоматия по общей психологии. Психология памяти [Текст] / Г. Эббингауз. – М.: Изд-во МГУ, 1979. –272 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця 1 – Статистика помилок поїзних диспетчерів

Форми роботи поїзного диспетчера		Події	
		зі смертельним наслідком	без смертельного наслідку
		Абсолютна кількість	
Диспетчерська	Надання вказівок черговим по станціях з організації руху поїздів; накази про закриття і відкриття перегонів (колій), про перехід з одних засобів сигналізації та зв'язку на інші, з двоколійного руху на одноколійне, про відправлення поїздів по неправильній колії тощо.	210	1009
Спостереження та контролю	Оцінювання та прогнозування положення на дільниці; планує і організовує пропуск поїздів; контролює роботу станцій з виконання завдання з навантаження та вивантаження вагонів, приймання, формування і відправлення поїздів; спостереження за напрямком поїздів, своєчасним прийманням, відправленням та пропусканням поїздів станціями, обгону та схрещеннях пасажирських поїздів, підвищеної ваги і довжини, з розрядними і негабаритними вантажами та іншими поїздами.	2008	2910
Прийняття рішень	Керування рухом поїздів на дільниці; забезпечення своєчасного надання «вікон» для руху поїздів; вживання заходів до організації аварійно-відновлювальних робіт і своєчасного усунення несправностей технічних пристроїв і обладнання; керування роботою єдиної зміни диспетчерської дільниці).	2345	4123
Всього випадків		4563	8042

ДОДАТОК Б Акти впровадження