

ДОЛЯ К. В., КОБРИНА Н. В., ДОЛЯ О. Є.



ІНЖЕНЕРІЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

Навчальний посібник

ДОЛЯ К. В., КОБРИНА Н. В., ДОЛЯ О. Є.

ІНЖЕНЕРІЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

Навчальний посібник

Boston: Published by Primedia eLaunch

2026

Рецензенти:

Безсонний В. Л. — доктор технічних наук, професор кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи Навчально-наукового інституту екології, зеленої енергетики та сталого розвитку Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Новіков Ф. В. — доктор технічних наук, професор кафедри здорового способу життя, технологій і безпеки життєдіяльності Харківського національного економічного університету імені С. Кузнеця.

Відомості про авторів

ДОЛЯ Костянтин Вікторович — доктор технічних наук, доцент, професор кафедри автомобілів і транспортної інфраструктури Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут». ORCID: 0000-0002-4693-9158.

КОБРИНА Наталія Віталіївна — кандидат технічних наук, доцент, завідувачка кафедри автомобілів і транспортної інфраструктури Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут». ORCID: 0000-0001-9499-2079.

ДОЛЯ Олена Євгенівна — кандидат технічних наук, доцент, викладач циклової комісії транспортних технологій Харківського автотранспортного фахового коледжу. ORCID: 0000-0002-0364-988X.

Інженерія людського чинника : навчальний посібник / К. В. Доля, Н. В. Кобріна, О. Є. Доля. Boston : Published by Primedia eLaunch, 2026.

У навчальному посібнику систематизовано засади інженерії людського чинника. Розглянуто взаємодію людини зі складовими транспортних систем, механізми помилок, методи аналізу надійності, ергономічні технології та принципи проектування людино-машинних систем.

Особливу увагу приділено роботі транспортного персоналу. Матеріал допомагає аналізувати причини небезпечних дій та обґрунтовувати заходи з підвищення безпеки, надійності й ефективності транспортних процесів.

Посібник призначено насамперед для здобувачів освіти спеціальності J8 «Автомобільний транспорт», а також інших транспортних та інженерних спеціальностей, викладачів і фахівців, які експлуатують, досліджують або проектують людино-машинні системи. Матеріал може використовуватися під час лекційних і практичних занять, виконання самостійної роботи, підготовки навчальних проєктів та аналізу професійних ситуацій у транспортній галузі.

ISBN - 979-8-90671-556-2

© Доля К. В., Кобріна Н. В., Доля О. Є., 2026

Зміст

Передмова	8
Розділ 1. Інженерія людського чинника	10
1.1 Історія розвитку інженерії людського чинника	11
1.2 Роль інженерії людського чинника в дизайні інтерфейсів	12
1.3 Застосування інженерії людського чинника в різних галузях . . .	13
1.4 Нові технології та зміна взаємодії	14
1.5 Проєктування з урахуванням потреб користувача та контексту діяльності	14
Розділ 2. Система «людина–машина»	18
2.1 Розподіл функцій між людиною та машиною	18
2.2 Психологічні та організаційні причини аварій	19
2.3 Сучасні методи аналізу ризиків та прогнозування аварій	22
2.4 Адаптація людини до технологій та авіаційна ергономіка	23
2.5 Життєздатність, надійність та ефективність складних систем . . .	26
Розділ 3. Індивідуальність людських помилок	30
3.1 Проблема надійності, стійкості й ефективності діяльності і прийняття рішення людиною в системі «людина–машина» . . .	30
3.2 Психофізіологічне та психологічне підґрунтя феномену людського чинника	31
3.3 Індивідуальні властивості, навички та поточний стан людини .	32
3.4 Переривання та відновлення послідовності дій	32

3.5	Порівняння виконавців та підсумкові орієнтири	33
Розділ 4. Особистість і поведінка в професійній діяльності		36
4.1	Стресостійкість та життєздатність людини в системі «людина–машина»	36
4.2	Особливості обробки інформації людиною в системі «людина–машина»	37
4.3	Вплив стресу на прийняття рішень, методи оптимізації інтерфейсів	37
4.4	Особистісні якості, психічні процеси та інтелект	38
4.5	Теорії та стилі лідерства	39
Розділ 5. Потреби та мотивація при ухваленні рішень людиною		41
5.1	Теорії потреб і мотивації	41
5.2	Мотивація у професійній діяльності та бізнесі	42
5.3	Групова поведінка, емоції та моделі поведінки	43
5.4	Мотивація досягнень і соціальні мотиви	43
5.5	Евристики, поведінкові труднощі та професійна взаємодія . . .	44
Розділ 6. Помилка людини-виконавця		47
6.1	Прийняття рішень та індивідуальні відмінності	47
6.2	Прийняття рішень в умовах невизначеності та автоматизована підтримка	49
6.3	Помилки, їх класифікація та командний вимір	50
6.4	Надійність людини та когнітивні викривлення	50
6.5	Аналіз помилок людини	51
6.6	Ергономічна експертиза нещасних випадків у системах «людина–техніка–середовище»	52

Розділ 7. Управління безпекою в системах підвищеної небезпеки	55
7.1 Методи аналізу надійності людини і системи «людина–машина»	56
7.2 Оцінка людського чинника	57
7.3 Система аналізу і класифікації людського фактора (HFACS) . .	57
7.4 Методи ймовірнісної оцінки ризику та ймовірності людської помилки	58
7.5 Методика прогнозування ймовірності помилок людини (THERP)	59
Розділ 8. Методи аналізу надійності людини в системі «людина–машина»	61
8.1 Методи аналізу людського чинника, що базуються на когнітивному контролі	62
8.2 Аналіз подій і контексту дії: ATHEANA	62
8.3 Оцінювання та зменшення помилок: HEART	63
8.4 Вибір даних, перевірка їх якості та залежностей	64
8.5 Від результату аналізу до перевірюваного заходу: навчальна ситуація	66
8.6 Межі узагальнення та оформлення аналітичного висновку . . .	67
Розділ 9. Когнітивні технології управління людським чинником	70
9.1 Людський чинник у навчанні та сприйнятті інформації	70
9.2 Когнітивна ергономіка	71
9.3 Навчання дорослої людини в системі «людина–машина»	71
9.4 Взаємна адаптація людини і технічної системи та формування внутрішнього уявлення	72
9.5 Організація навчального сценарію та оцінювання засвоєння . .	73
Розділ 10. Ергономічні технології управління людським чинником	76

10.1 Інформаційно-динамічний підхід в інженерній психофізіології та ергономіці	77
10.2 Психофізіологічний відбір, профорієнтація та авіаційні методи оцінювання	77
10.3 Контроль стану людини-виконавця	79
10.4 Обмеження моніторингу та організаційна відповідь	79
10.5 Практичний приклад: підтримка рішення диспетчера	80
10.6 Висновки для професійної підготовки	81

Розділ 11. Системні методи підвищення надійності людино-машинних систем 83

11.1 Системні методи підвищення надійності та ефективності в системах «людина–машина»	84
11.2 Поняття культури безпеки	85
11.3 Стандартизація	87
11.4 Людський чинник в галузі транспорту	88
11.5 Ергономічне забезпечення та зворотний зв'язок протягом життєвого циклу авіаційної техніки	89
11.6 Культура безпеки в повсякденних рішеннях	91

Розділ 12. Управління людським чинником на виробництві транспортних систем 94

12.1 Людський чинник в управлінні, системній взаємодії та передовому виробництві	95
12.2 Підвищення ефективності: рока-уоке, відмовостійкий дизайн і системне розуміння помилок	96
12.3 Запобігання, виявлення і відновлення: проектування повідомлень та підтверджень	97

12.4 Автоматизація та збереження керованості	99
12.5 Впровадження, оцінювання та узгодження виробничих поліпшень	99
Список літератури	103

Передмова

Інженерія людського чинника вивчає, як властивості людини, технічні засоби, інформація, процедури та організаційне середовище спільно визначають результативність і безпеку діяльності. У транспортній галузі ця взаємодія має особливе значення: рішення часто приймаються за обмеженого часу, зміни стану системи відбуваються швидко, а наслідки непорозуміння або пропущеного сигналу можуть поширюватися далеко за межі одного робочого місця.

Мета посібника — сформувати цілісне розуміння людського чинника й надати читачеві послідовну логіку аналізу людино-машинних систем. У центрі уваги перебуває не пошук винного а встановлення умов, за яких людина отримує інформацію, формує уявлення про ситуацію, обирає дію та перевіряє її наслідки. Такий підхід дає змогу переходити від загальних закликів бути уважнішим до конкретних технічних, ергономічних і організаційних рішень.

Посібник складається з дванадцяти розділів, підготовлених на основі курсу лекцій. Перші розділи вводять понятійний апарат дисципліни та структуру системи «людина–машина». Далі розглядаються індивідуальні властивості, мотивація, рішення та помилки. Наступний блок присвячено управлінню безпекою й методам аналізу надійності людини. Завершальні розділи охоплюють когнітивні, ергономічні та системні технології управління людським чинником у транспортних і виробничих системах.

Для результативної роботи доцільно після кожного тематичного підрозділу співвідносити поняття з реальною або навчальною ситуацією: визначати мету операції, доступні сигнали, обмеження, можливі відхилення й засоби відновлення. Підсумкові приклади та питання для самоперевірки допомагають перетворити прочитаний матеріал на інструмент інженерного аналізу.

Автори висловлюють сподівання, що посібник сприятиме формуванню

відповідального системного мислення та практики людиноцентрованого проєктування.

РОЗДІЛ 1

Інженерія людського чинника

Інженерія людського чинника досліджує, як людина сприймає інформацію, керує технікою та діє в робочому середовищі. На основі цих знань інженери проєктують обладнання, інтерфейси й процедури відповідно до фізичних і когнітивних можливостей користувача.

Мета проста: людина повинна вчасно помітити сигнал, правильно зрозуміти його та без зайвих дій виконати потрібну операцію. Результат оцінюють за кількістю помилок, часом виконання, навантаженням і можливістю відновитися після хибної команди.

Нові технології не скасовують людських обмежень. Автомобіль може самостійно утримувати смугу, проте водій має розуміти, коли система активна і за яких умов вона передасть керування. Нечітка індикація створює ризик навіть за справної автоматики.

Інженер аналізує потребу, формує вимоги, моделює рішення, випробовує його та перевіряє роботу після впровадження. Ці етапи не існують окремо. Результат тестування може змусити змінити вимоги або повернутися до конструкції.

Людський чинник охоплює взаємодію людини з технічними засобами, інформацією, іншими працівниками та організацією. Схему основних елементів людино-машинної системи показано на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Взаємодія елементів людино-машинної системи. Авторська навчальна схема за [2].

1.1 Історія розвитку інженерії людського чинника

Інженерія людського чинника – це відносно молода наукова дисципліна, але її коріння сягають глибоко в минуле. Хоча термін ”інженерія людського чинника” з’явився лише в середині XX століття, принципи врахування людських особливостей у створенні інструментів та систем використовувалися людьми з давніх часів.

В давні часи люди створювали інструменти, пристосовуючи їх під свої фізичні можливості та потреби. Форма сокири, розмір колеса возу – все це було результатом емпіричного розуміння людського тіла та його взаємодії з навколишнім світом.

Промислова революція внесла свої корективи, з появою машин та заводів виникла необхідність оптимізувати робочі місця для підвищення продуктивності праці. Перші дослідження в цій галузі були пов’язані з вивченням рухів робітників для усунення неефективних дій.

На початку XX століття психологія та фізіологія дали наукові засоби для дослідження сприйняття, уваги й пам’яті. Під час Другої світової війни зросла потреба узгодити кабіни, прилади та органи керування з можливостями екіпажу. Помилки під час читання шкал або вибору перемикача показали, що технічних характеристик машини недостатньо.

Після війни дослідження поширилися з авіації на промисловість, транспорт і медицину. Спільним залишалося питання відповідності техніки можли-

востям людини. У кабіні оцінювали читаність приладів, на виробництві — робочу позу й послідовність операцій, у медицині — розрізнення органів керування та дозувань. Так дисципліна розвивалася навколо конкретних задач, а не переліку галузей.

Промисловий дизайн (розробка інструментів та обладнання, які зручні і безпечні у використанні). Медична техніка (створення медичного обладнання, яке легко використовувати лікарям).

Визначальні методи розвитку інженерії людського чинника полягають у забезпеченні збору, накопиченні й аналізі емпіричних знань й наукових досліджень у кількості та якості таких досліджень, а обробка даних у системному підході із урахуванням багатoproфільності питання, коректна/правильна, є запорукою прийняття вірних рішень.

Інженерія людського чинника продовжує розвиватися, відповідаючи на нові виклики, які ставить перед нами сучасний світ технологій [1].

1.2 Роль інженерії людського чинника в дизайні інтерфейсів

Інтерфейс має показувати стан системи, доступні дії та наслідок команди. Під час проєктування перевіряють, чи розрізняє користувач елементи, чи розуміє повідомлення та чи може скасувати помилкову дію.

Розглянемо диспетчерську систему. Повідомлення «операцію виконано» не пояснює, яку заявку змінено. Екран має показати номер рейсу, новий параметр і час оновлення. Користувач отримує дані для перевірки, а не лише формальне підтвердження.

Елементи керування розташовують у послідовності виконання операції. Знайомі позначення скорочують час навчання, проте їхнє значення не повинно змінюватися між екранами. Небезпечні й незворотні дії відокремлюють від звичайних команд.

Інтерфейс тестують на типових і ускладнених сценаріях. Спостерігач фіксує, де користувач зупинився, який сигнал пропустив і як виправив помилку.

Такі дані точніше спрямовують зміни, ніж загальна оцінка «зручно» або «незручно».

Ті самі принципи діють у вебсайтах, мобільних застосунках, іграх і промислових панелях. Контекст різниться, тому готовий шаблон не переносять без перевірки. Жест, прийнятний у телефоні, може бути непридатним для оператора в рукавицях.

1.3 Застосування інженерії людського чинника в різних галузях

Метод роботи не змінюється від самої назви галузі: спочатку описують завдання, потім умови, можливі відхилення й критерій результату. Змінюються наслідки та доступні засоби захисту.

На складальній ділянці працівник встановлює деталь у визначеному положенні. Тут досліджують досяжність, зусилля, маркування й перевірку після монтажу. У кабіні транспортного засобу водій одночасно керує рухом і читає повідомлення, тому оцінюють розподіл уваги та час відведення погляду від дороги. У медицині подібна помилка вибору може вплинути на дозу препарату, отже потрібні ідентифікація пацієнта й незалежне підтвердження.

Ці приклади не утворюють каталог готових рішень. Кольорове кодування, корисне на виробництві, може бути недостатнім для користувача з порушенням кольоросприйняття. Голосове повідомлення допомагає водієві не дивитися на екран, але конкурує з радіообміном. Кожен засіб перевіряють у своєму контексті.

Три взаємопов'язані напрями ергономіки подано на рис. 1.2 [2].

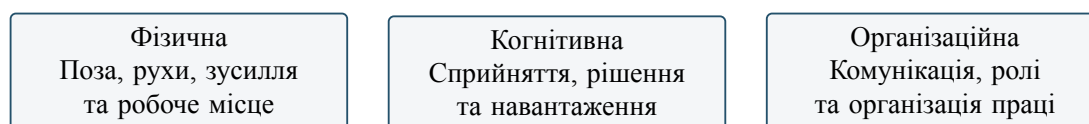


Рисунок 1.2 – Три взаємопов'язані напрями ергономіки. Авторська навчальна схема за [1].

1.4 Нові технології та зміна взаємодії

Адаптивні інтерфейси, голосове керування, віртуальна реальність, нейроінтерфейси та ШІ змінюють спосіб передавання команд. Їх не слід описувати лише як перелік перспективних засобів. Кожна технологія усуває одні труднощі й створює інші.

Голосове керування звільняє руки, але якість розпізнавання падає через шум, акцент або одночасні переговори. Адаптивний екран може прибрати другорядні дані, проте несподівана зміна розташування порушує сформовану навичку. Віртуальний тренажер безпечно відтворює рідкісну подію, але спрощена фізика руху може сформувати неправильне очікування.

Система з ШІ повинна показувати джерела даних, невизначеність і межі рекомендації. Персоналізація потребує контролю доступу до даних і можливості повернути стандартні налаштування. Нейроінтерфейс оцінюють не за ефективністю демонстрації, а за точністю, затримкою, втомою користувача та наслідками хибної команди.

Отже, новизна засобу не є доказом придатності. Рішення проходить випробування на типовому завданні, у несприятливих умовах і під час відмови.

1.5 Проєктування з урахуванням потреб користувача та контексту діяльності

Щоб застосувати розглянуті положення, потрібно перетворити загальне побажання «зробити зручно» на зрозумілу вимогу. Спочатку описують користувача, його завдання та умови виконання. Одне й те саме повідомлення може бути придатним для навчальної аудиторії та незручним у кабіні транспортного засобу. У другому випадку людина має розподіляти увагу між повідомленням, дорожньою обстановкою й керуванням. Тому вимогу оцінюють у контексті діяльності, а не окремо від неї.

Наприклад, працівникові потрібно підтвердити зміну маршруту. Проєктувальник має з'ясувати, які відомості необхідні для рішення: попередній мар-

шрут, запропонована зміна, її причина та очікувані наслідки. Якщо екран показує тільки кнопку підтвердження, він забезпечує виконання команди, але не підтримує усвідомлений вибір. Вимога до інтерфейсу повинна охоплювати не лише доступність кнопки, а й можливість перевірити зміст дії до її виконання.

Наступним кроком є визначення ознак успішного виконання. Чи правильно користувач пояснює повідомлення? Чи знаходить потрібні дані без сторонньої допомоги? Чи розрізняє підтвердження отримання інформації та дозвіл на зміну? Відповіді допомагають оцінювати рішення за поведінкою людини. Суб'єктивне враження про приємний вигляд інтерфейсу корисне, але не замінює перевірки правильності роботи.

Вивчення робочого місця варто починати зі спостереження за реальною послідовністю дій. Посадова інструкція описує належний порядок, тоді як спостереження показує, як людина пристосовується до переривань, браку інформації та змін пріоритету. Виявлена відмінність не завжди означає недбалість. Іноді працівник змушений створювати власний допоміжний запис, оскільки система не зберігає потрібної інформації.

Уявімо диспетчера, який переносить номер заявки з одного вікна в інше. Помилка може виникнути під час читання, запам'ятовування або повторного введення. Додатковий інструктаж не усуває саму потребу переносити дані вручну. Інженерне рішення полягає у перевірці можливості автоматичного передавання номера, однозначного зв'язування записів та показу підтвердження. Якщо автоматизація недоступна, потрібно принаймні забезпечити зручне порівняння вихідного й введеного значень.

Після зміни інтерфейсу спостереження повторюють. Потрібно перевірити не лише зникнення початкової помилки, а й появу нових труднощів. Автоматичне заповнення може прискорити роботу, проте користувач іноді перестає помічати, який саме запис обрано. Тому зручність і контроль мають розвиватися разом. Надійне рішення скорочує зайві операції, не приховуючи від людини

суттєвого змісту процесу. Послідовність системного аналізу людського чинника наведено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Послідовність системного аналізу людського чинника. Авторська навчальна схема за [2].

Робоче місце можна аналізувати на трьох взаємопов'язаних рівнях. Фізичний рівень охоплює положення тіла, доступність органів керування та можливість виконувати рухи без зайвих зусиль. Когнітивний рівень стосується розпізнавання сигналів, розуміння режимів роботи й утримання мети. Організаційний рівень визначає розподіл відповідальності, порядок взаємодії та ресурси для виконання завдання.

Розглянемо пункт технічного контролю. Незручне розташування індикатора змушує працівника змінювати позу. Схожі повідомлення ускладнюють визначення виду несправності. Вимога одночасно обслуговувати кілька об'єктів створює переривання. Ці труднощі належать до різних рівнів, але проявляються в одній операції. Усунення лише фізичної незручності не гарантує правильного тлумачення сигналу або достатнього часу для перевірки.

Тому до розроблення рішення доцільно залучати користувача, технічного фахівця та представника організації роботи. Кожен бачить іншу частину проблеми. Спільне обговорення дозволяє перевірити, чи технічно можливе поліпшення, чи відповідає воно реальному завданню та чи не суперечить установленому розподілу повноважень. Інженерія людського чинника поєднує ці погляди навколо конкретної діяльності [4].

Основні поняття

- **Інженерія людського чинника** — міждисциплінарна галузь проєктування систем відповідно до можливостей і обмежень людини.
- **Людський чинник** — сукупність фізичних, когнітивних, психологічних та організаційних характеристик взаємодії людини з технікою.
- **Ергономіка** — пристосування засобів, робочого місця і діяльності до людини.
- **Користувацько-орієнтоване проєктування** — ітераційне створення рішення з урахуванням потреб, завдань і контексту користувачів.
- **Інтерфейс** — сукупність засобів, через які людина отримує інформацію від системи та керує нею.

Контрольні запитання

1. У чому полягають мета і завдання інженерії людського чинника?
2. Які етапи історичного розвитку цієї галузі були визначальними?
3. Як врахування людських можливостей впливає на безпеку та ефективність системи?
4. Яким вимогам має відповідати зрозумілий і доступний інтерфейс?
5. Чому проблему робочого місця потрібно аналізувати на фізичному, когнітивному та організаційному рівнях?

РОЗДІЛ 2

Система «людина–машина»

Система ”людина-машина”– це комплекс, в якому людина і техніка взаємодіють для досягнення спільної мети. Така система може бути як простою (наприклад, людина, що керує велосипедом), так і надзвичайно складною (космічний корабель, яким керує екіпаж).

Система «людина–машина» поєднує оператора, технічні засоби, канали обміну інформацією та середовище. Людина формує мету й контролює результат, машина виконує задані функції, а інтерфейс передає команди та відомості про стан. Шум, освітлення, температура й організація роботи змінюють поведінку всієї системи.

Такі системи досліджують, щоб знайти невідповідність між вимогами завдання та можливостями виконавця. Наприклад, автоматичний засіб може швидко обчислити маршрут, але оператор повинен бачити вихідні дані й мати спосіб перевірити запропонований варіант. Інакше швидкість обчислення лише прискорить хибне рішення.

2.1 Розподіл функцій між людиною та машиною

Під час розподілу функцій визначають, що краще виконує автоматика, а де потрібні людське судження й відповідальність. Рішення перевіряють у штатній роботі, за перевантаження та під час відмови. Оператор має розуміти, яку функцію передано машині й коли потрібно втрутитися.

Фактори – чинники, що обумовлюють такий розподіл часто описано природними можливостями людського організму фізичними й морально- психічними. Розподіл функцій й дія спрямована на обрання «моральності» прийнятого системою рішень. На відміну від людини машина часто виконує задачі обчислень, збереження даних, але не прийняття рішень. Хоча аналіз зібраних даних й обрання можливих рішень часто передають машинам. Моделювання систем

у стані проєкту враховує сильні й слабкі сторони як машини так і людини, що значно підвищує ефективність системи.

Приклади розподілу функцій: Автомобіль - людина приймає рішення про маршрут, швидкість, обгін, а машина керує рулем, гальмами, акселератором. Промисловий робот - машина виконує повторювані рухи з високою точністю, а людина здійснює нагляд, програмування і усунення неполадок. Медичний діагностичний комплекс - машина збирає дані про пацієнта (аналізи, зображення), а лікар ставить діагноз і призначає лікування.

Сучасні тенденції в розподілі функцій полягають у збільшенні ролі машин. Автоматизація все більшої кількості завдань, пов'язаних з обробкою даних, контролем процесів. Поширюється кооперація людини і машини, що забезпечує спільне виконання складних завдань, де людина і машина доповнюють один одного. Є й приклади зменшення частки діяльності людини в таких системах й яскравий приклад це інтелектуальні системи. Системи делегування машині все більш складних рішень на основі аналізу великих даних [3].

Автоматизація може охоплювати не лише безпосереднє виконання дії, а й окремі етапи отримання та опрацювання інформації, вибору рішення і керування. Узагальнену послідовність таких функцій наведено на рис. 2.1.

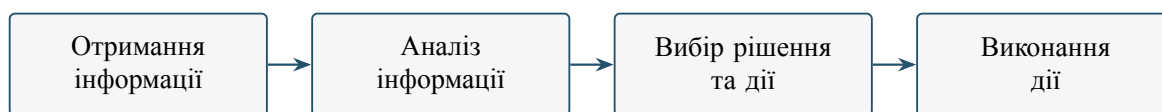


Рисунок 2.1 – Функції, до яких може застосовуватися автоматизація. Авторська навчальна схема за [3].

2.2 Психологічні та організаційні причини аварій

Психологічний фактор є одним з найзначущіших компонентів, який часто нехтується при аналізі причин аварій. Хоча технічні несправності та зовнішні обставини можуть бути безпосередніми причинами катастроф, саме людський фактор, під яким розуміють сукупність психологічних, фізіологічних та соціальних чинників, часто є першопричиною подібних подій.

Фактори впливають на виникнення аварій це достатньо широкий спектр підстав. Серед них можна відокремити стрес і втому, постійний стрес, перевтома, недосип, що знижують концентрацію уваги, погіршують реакцію та прийняття рішень. Впливовим є й емоційний стан людини, й не коректність прийнятих рішень через гнів, страх, розчарування, які можуть призвести до імпульсивних дій та помилок у рішеннях.

Має місце й відсутність мотивації, людину супроводжує низька зацікавленість у виконанні роботи, відчуття незадоволення результатами праці можуть призвести до недбалого ставлення до своїх обов'язків. До персоналу застосовується спілкування, що сприймається як тиск з боку керівництва, висувуються нереальні вимоги або постійний контроль можуть призвести до помилок через поспіх або страх покарання. В колективах створюються певні робочі стосунки між персоналом, де можуть мати місце конфлікти, неприязні стосунки між колегами можуть негативно впливати на робочу атмосферу та призводити до помилок. Обмеження таких утворень робочих спільнот негативно впливає через відсутність комунікації, яке спричиняє непорозуміння між членами команди, відсутність зворотного зв'язку й можуть призвести до неправильної інтерпретації інформації та помилкових дій. Часто можна спостерігати самовпевненість через занадто високу самооцінку, недооцінку ризиків, що можуть призвести до необережного поводження. Така безпідставна оцінка власних можливостей призводить й до низької толерантності до невизначеності, труднощів з прийняттям рішень в умовах нестачі інформації.

Аварії з вини людини – це складні явища, які виникають внаслідок взаємодії багатьох факторів, як індивідуальних, так і системних. Для розуміння причин таких аварій необхідно застосовувати системний підхід, який дозволяє розглядати проблему в її цілісності, враховуючи взаємозв'язки між різними елементами системи.

Системний підхід до аналізу аварій. Системний підхід передбачає роз-

гляд аварії як результату взаємодії таких елементів системи: Людина- помилки, недосвідченість, втома, стресові стани, порушення інструкцій. Техніка- несправності обладнання, відсутність захисних систем, неправильне використання. Середовище- небезпечні умови праці, погане освітлення, шум, вібрація. Організація- недостатня координація дій, відсутність чітких процедур, недостатній контроль.

Типові причини аварій з вини людини, це порушення правил безпеки, через недотримання інструкцій, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання технологічних процесів. Виділяється й втома та стресові стани, фізична та психологічна втома, перенапруження, емоційна нестабільність. Недостатня кваліфікація це обставина яка має прояв у діях людини через відсутність необхідних знань та навичок у працівників. Між працівниками виникають й помилки в комунікації через непорозуміння між членами команди, відсутність зворотного зв'язку й таке інше, що призводить до руйнування інформаційних зв'язків між елементами системи. Має місце й несправність обладнання його знос, неправильне обслуговування, відсутність технічного огляду. Що є, у тому числі, результатом поганої організації виробництва й недостатній контроль за технологічними процесами, чи відсутність систем безпеки.

Організаційна культура – це сукупність цінностей, норм, переконань та поведінки, які характерні для певної організації.

Вона формується з часом і впливає на всі аспекти діяльності підприємства, в тому числі і на безпеку виробництва. Цінності щодо безпеки значущі й можна стверджувати, що якщо в організації безпека є одним з головних пріоритетів, то працівники будуть більш відповідально ставитися до своїх обов'язків, дотримуватися правил і процедур. Норми поведінки у колективах таких установ є впливовими, якщо в колективі прийнято дотримуватися правил безпеки, то новачки будуть швидше адаптуватися до них і слідувати загальному прикладу. При цьому значуща комунікація між працівниками, як засіб передачі досві-

ду. відкрита і прозора комунікація щодо безпеки сприяє виявленню проблем і пошуку рішень. Мотивація керівництвом установи до різних виробничих досягнень є способом усунення депресій. Якщо працівники відчують, що їхня безпека є значущою для керівництва, вони будуть більш мотивовані дотримуватися правил. Не мало значним є фактор лідерства. Керівники, які демонструють приклад відповідального ставлення до безпеки, мотивують своїх підлеглих.

Ознаками здорової культури на виробництві є такі фактори як: Відкритість- працівники можуть без страху повідомляти про будь-які проблеми, пов'язані з безпекою. Взаємоповага- кожен працівник поважає роботу і безпеку інших. Постійне навчання- компанія інвестує в навчання працівників з питань безпеки. Аналіз інцидентів- кожна аварія або інцидент розслідується, а висновки використовуються для усунення причин. Залучення працівників- працівники беруть активну участь у розробці та впровадженні заходів безпеки.

2.3 Сучасні методи аналізу ризиків та прогнозування аварій

Сучасний світ, з його складними технологічними системами та взаємозв'язками, вимагає все більш досконалих методів оцінки ризиків та прогнозування потенційних аварій. Ці методи дозволяють не лише виявити слабкі місця в системах, але й розробити проактивні заходи для їх усунення та запобігання негативним наслідкам.

До методів аналізу можна віднести аналіз небезпек та операцій безпеки (hazop), який є систематичний метод, який використовується для ідентифікації потенційних відхилень від проєктованих умов процесу та їх наслідків. Також можна використовувати аналіз дерев подій (fta) - метод, що дозволяє графічно відобразити послідовність подій, які можуть призвести до небажаного результату (аварії). Поширено аналіз причинних зв'язків (fta), метод, який допомагає визначити основні причини, що призводять до виникнення несправностей або аварій. Проводиться й матричний аналіз ризиків, метод, який дозволяє оцінити ризик на основі ймовірності виникнення події та її наслідків. Для

прогнозування поведінки системи використовують моделювання та симуляція. Комп'ютерне моделювання дозволяє імітувати різні сценарії розвитку подій та оцінювати їхні наслідки. Користуються й експертними оцінками, через залучення експертів для оцінки ризиків на основі їхнього досвіду та знань.

Методи прогнозування аварій, це методи прогнозування на основі історичних даних, аналізі минулих аварій для виявлення закономірностей та прогнозування майбутніх подій. Прогнозування на основі моделей, це здебільш, використання математичних моделей для прогнозування розвитку систем та виявлення потенційних проблем. Імітація дій може спитатись на сценарійний аналіз через розробку різних сценаріїв розвитку подій для оцінки їхньої ймовірності та наслідків.

Сучасні тенденції в аналізі ризиків це: інтеграція даних через об'єднання даних з різних джерел (сенсори, системи моніторингу, історичні дані) для отримання більш повної картини чи використання штучного інтелекту- застосування алгоритмів машинного навчання для виявлення аномалій та прогнозування аварій. При сучасному аналізі використовуються й методи із візуалізації шляхом представлення результатів аналізу у зручному для сприйняття вигляді (графіки, діаграми). Поширюється й використання безперервного контролю. Через вживання моніторингових датчиків із передачею даних в режимі реального часу. Часто такі відомості з датчиків використовують, як основу для візуалізації [21].

2.4 Адаптація людини до технологій та авіаційна ергономіка

Адаптація людини до технологій – це постійний і незворотний процес, який супроводжує людство з моменту винайдення перших інструментів. Сьогодні, з розвитком цифрових технологій, цей процес набуває особливої актуальності. Адаптація до технологій є значущою, людство оточено швидкими змінами всіх процесів.

Технології розвиваються з неймовірною швидкістю, і люди повинні постійно навчатися, щоб не відставати. Автоматизація праці основний тренд су-

часності у розвитку підприємств, багато рутинних задач автоматизуються, що вимагає від людей нових навичок та перекваліфікації для збереження вартості на ринку праці. Багато виробництв на певних етапах розвитку адаптується під фактори глобалізації, при яких технології стирають кордони, і люди повинні вміти працювати в міжнародних командах.

Підвищення кваліфікації стає актуальним у частині розвитку цифрових вмінь й навичок працівників. Зростає ринкова частка потреб вміння користуватися комп'ютером, інтернетом та іншими цифровими пристроями стає необхідною умовою для успіху нині.

Люди адаптуються до технологій навчанням, людям доводиться постійно вчитися новим технологіям і навичкам. Це може відбуватися через формальну освіту, онлайн-курси, самонавчання. Вимагається інколи й перекваліфікація, багато людей змінюють свою професію, щоб адаптуватися до нових вимог ринку праці.

Інколи має місце явище цифрового розриву, відсутність рівного доступу до технологій, що створює цифровий розрив між країнами, регіонами, поколіннями. При усуненні такого розриву виникає інформаційне перевантаження й великий обсяг інформації може призводити до інформаційного перевантаження і труднощів у пошуку потрібної інформації. При значному впливі на виробництво автоматизації можна потрапити в залежність від технологій, а занадто велика залежність від технологій може негативно впливати на здоров'я і соціальні взаємини. При цьому актуальності починає набирати кібербезпека виробництв, через зростання кіберзагроз, що вимагає від людей підвищення обережності при користуванні мережами.

Авіаційна ергономіка - це галузь науки, яка вивчає взаємодію людини з технічними засобами в авіації з метою оптимізації процесів управління літальним апаратом, забезпечення безпеки польотів та підвищення ефективності роботи екіпажу. Враховуючи високу відповідальність, яку несуть пілоти, авіаційна ер-

гономіка має ряд особливостей.

Основні аспекти авіаційної ергономіки враховують фізіологічні особливості працівників та їх посадові функції. Здійснюється вивчення фізичних навантажень на робітників (вібрація, шум, перевантаження), впливів факторів навколишнього середовища (температура, вологість, тиск) на працездатність. Враховуються й психологічні аспекти процесів, що відбуваються під час польоту (увага, пам'ять, прийняття рішень), а також впливу стресу, втоми та інших психологічних факторів на якість виконання завдань. Потрібно й врахування антропометрії людського тіла вивченням антропометричних характеристик пілотів для оптимального проектування кабіни та обладнання. При цьому обладнання є частиною інтерфейсу в системі "людина-машина значуща розробка зручних і інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів управління літальним апаратом, що мінімізують ймовірність помилок. Що вимагає проектування робочого місця пілота для впровадження оптимізації розміщення приладів, органів управління, сидінь з урахуванням антропометричних даних і функціональних вимог. Така оптимізація й покращує ефективність систем підтримки прийняття рішень. Систем, які допомагають пілотам аналізувати інформацію, приймати рішення і виконувати маневри в складних ситуаціях.

Авіаційна ергономіка значуща на безпеку польотів, а як наслідок і на ефективність всієї системи авіаційного транспорту.

Проектування таких інтерфейсів доцільно здійснювати як ітеративний людиноцентрований процес: від дослідження умов роботи та потреб користувачів до створення й перевірки рішення за їхньої безпосередньої участі (рис. 2.2) [4].



Рисунок 2.2 – Ітеративне людиноцентроване проектування. Авторська навчальна схема за [4].

2.5 Життєздатність, надійність та ефективність складних систем

Життєздатність складної системи – це її здатність зберігати свою структуру та функціонування в мінливих умовах середовища, протистояти зовнішнім і внутрішнім загрозам та адаптуватися до змін. Це цілісне поняття, яке охоплює широкий спектр характеристик системи, від її стійкості до здатності до самоорганізації.

Життєздатна система менш схильна до збоїв і аварій, що особливо потрібно для критичних систем, таких як системи управління літаками, атомними електростанціями тощо. Життєздатні системи можуть продовжувати функціонувати навіть за умов пошкоджень або втрати частини своїх компонентів, а здатність адаптуватися до змін дозволяє системам залишатися актуальними та ефективними в динамічному середовищі. Життєздатні системи можуть протистояти різноманітним загрозам, таким як кібератаки, природні катаклізми та людський фактор.

Основні складові життєздатності, це: Структурна цілісність - здатність системи зберігати свою структуру і функціональні зв'язки між компонентами. Функціональна стійкість - здатність системи виконувати свої функції навіть за умов відхилень від нормального режиму роботи. Адаптивність - здатність системи змінюватися і розвиватися відповідно до змін у зовнішньому середовищі. Самоорганізація - здатність системи самостійно відновлюватися і вдосконалюватися без зовнішнього втручання. Резильєнтність- здатність системи швидко відновлюватися після збоїв або пошкоджень.

На стан життєздатності впливає складність системи. Чим складніша система, тим складніше забезпечити її життєздатність. Зв'язки системи з зовнішнім середовищем можуть як сприяти, так і негативно впливати на її життєздатність. До середовища можна частково віднести помилки операторів або розробників, що можуть стати причиною збоїв і зниження життєздатності системи. Часто результатом роботи розробників є такі системи або її елементи технічні характеристики компонентів яких можуть обмежувати її можливості в стійкості.

Поняття надійності, ефективності та життєздатності тісно пов'язані між собою і є визначальними характеристиками складних систем. Хоча вони мають свої нюанси, вони взаємодіють і впливають одна на одну. Надійність – це здатність системи виконувати свої функції протягом заданого часу в заданих умовах без відмов. Вона пов'язана з відсутністю помилок, збоїв та здатністю системи протистояти різним негативним впливам. Ефективність – це здатність системи досягати поставлених цілей з мінімальними витратами ресурсів. Вона включає в себе продуктивність, точність, швидкість виконання завдань і не тільки.

Життєздатність – це більш широке поняття, яке охоплює здатність системи адаптуватися до змін, відновлюватися після збоїв, зберігати свою структуру і функції в довгостроковій перспективі. Вона включає в себе як надійність, так і ефективність, а також інші характеристики, такі як стійкість, адаптивність, самоорганізація.

Надійність є основою ефективності. Система, яка часто ламається або має збої, не може бути ефективною. Відсутність збоїв дозволяє системі працювати без перерв і досягати високої продуктивності. Ефективність сприяє життєздатності. Ефективна система, як правило, має менше слабких місць і краще пристосована до змін, оскільки вона оптимізована для досягнення своїх цілей. При цьому життєздатність включає в себе як надійність, так і ефективність, жит-

тездатна система повинна бути не тільки надійною і ефективною, але також здатна адаптуватися до змін, відновлюватися після збоїв і розвиватися.

Приклад системи життєздатної, надійної та ефективною це авіаційна система. Літак повинен безпечно доставити пасажирів до пункту призначення без технічних збоїв. Літак повинен бути економічним у споживанні палива, мати високу швидкість і вантажопідйомність. Авіаційна система повинна бути здатна адаптуватися до нових типів палива, нових аеропортів, нових правил безпеки. Вона повинна бути стійкою до впливу несприятливих погодних умов і здатна відновлюватися після технічних неполадок.

Життєздатність людини – це цілісне поняття, яке охоплює здатність індивіда ефективно функціонувати в суспільстві, долати труднощі, розвиватися та досягати своїх цілей. Нині, де технології розвиваються з неймовірною швидкістю, визначальним аспектом життєздатності є здатність людини адаптуватися до технологічних змін та ефективно взаємодіяти з машинами.

Адаптація до технологій – це процес, який вимагає від людини постійного навчання, гнучкості та готовності змінюватися. Основні аспекти цього процесу включають: Цифрову грамотність - вміння користуватися комп'ютером, інтернетом та іншими цифровими пристроями стало невід'ємною частиною життя сучасної людини. Навчання протягом життя - постійна потреба в оновленні знань та навичок через онлайн-курси, тренінги та самоосвіту. Зміну професійних навичок - автоматизація багатьох процесів вимагає від людей перекваліфікації та опанування нових професій.

Психологічну адаптацію - сприйняття технологій як інструменту для розвитку, а не як загрози.

Взаємодія людини з машинами стає все більш інтегральною частиною нашого життя. Вона може відбуватися в різних форматах, наприклад, керування автомобілем, використання інструментів. Мається й інформаційна взаємодія, взаємодія з комп'ютерами, смартфонами, роботами через інтерфейси. Така ін-

формативна складова змушує до когнітивних змін й вчить спільному із машинами вирішенню задач, навчанню у машин. Нормальні умови такої взаємодії характеризується плавністю, передбачуваністю та ефективністю. Складні умови - стресом, обмеженим часом, невизначеністю. Взаємодія може ускладнювати систему, вимагаючи від людини більшої концентрації та адаптивності [22].

Основні поняття

- **Система «людина–машина»** — цілісна сукупність людини, технічних засобів, середовища та процедур, що спільно досягають мети.
- **Розподіл функцій** — обґрунтоване визначення завдань, які виконують людина, автоматика або вони разом.
- **Надійність** — здатність системи зберігати задані функції за визначених умов і часу.
- **Життєздатність системи** — здатність продовжувати критично значущу діяльність за змін і порушень.
- **Ризик** — поєднання ймовірності небажаної події та тяжкості її наслідків.

Контрольні запитання

1. Які елементи утворюють систему «людина–машина» і як вони взаємодіють?
2. За якими критеріями слід розподіляти функції між людиною та машиною?
3. Як психологічні й організаційні чинники можуть призвести до аварії?
4. Чим відрізняються нормальні та складні умови взаємодії людини з технікою?
5. Які показники доцільно використовувати для оцінювання ефективності та надійності системи?

РОЗДІЛ 3

Індивідуальність людських помилок

Дві зовні однакові помилки можуть мати різні механізми. Один оператор натискає сусідню кнопку через щільне розташування елементів, інший свідомо обирає цю кнопку, бо неправильно зрозумів режим системи. У першому випадку досліджують точність керування, у другому — подання інформації та сформоване уявлення про ситуацію.

Аналіз починають із доступних сигналів, мети людини й послідовності дій. Досвід, втома та очікування враховують лише тоді, коли є дані про їхній зв'язок із подією. Такий порядок стримує спокусу пояснити все характером або неуважністю.

Помилку сприйняття відрізняють від помилки рішення й виконання. Яскравіший індикатор може допомогти, якщо сигнал не помітили, але не виправить хибне правило. Додаткова інструкція теж не усуне кнопку, яку легко зачепити випадково.

3.1 Проблема надійності, стійкості й ефективності діяльності і прийняття рішення людиною в системі «людина–машина»

Надійність діяльності описують через виконання визначеної функції в заданих умовах. Стійкість показує, чи зберігається керування за перешкод, а життєздатність — чи може система відновитися після відхилення. Ці поняття не слід зводити в один ряд без уточнення, що саме вимірюють.

Розглянемо диспетчера, який отримав суперечливі дані про маршрут. Швидке рішення скорочує затримку, але може збільшити ризик неправильного спрямування. Повторна перевірка зменшує невизначеність, проте потребує часу. Інженерний аналіз показує цей компроміс і визначає, яка інформація потрібна до моменту вибору.

Втома, стрес і переривання змінюють виконання, але не діють однаково.

Втомлений оператор може повільніше реагувати; раптова тривога звужує увагу; переривання ускладнює повернення до незавершеного кроку. Тому для кожної умови добирають окремий захист: режим праці, пріоритет сигналів або позначення стану процедури.

Автоматизація може забрати монотонну операцію, але водночас зменшити практику ручного керування. Перед упровадженням перевіряють не лише штатний виграш, а й дії людини під час відмови автоматики [5].

3.2 Психофізіологічне та психологічне підґрунтя феномену людського чинника

Зовнішній сигнал проходить кілька етапів: виявлення, розпізнавання, зіставлення з метою, вибір дії та виконання. На кожному етапі виникає свій тип відхилення. Цю послідовність показано на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Спрощена схема оброблення інформації оператором. Авторська навчальна схема за [5].

Сприйняття залежить від сили сигналу й фону. Увага визначає, який із кількох сигналів отримає обробку. Робоча пам'ять утримує проміжні дані, а довготривала — правила та досвід. Рішення виникає з їхньої взаємодії, тому поділ потрібний не заради переліку термінів, а для пошуку місця збою.

Наприклад, машиніст може побачити індикатор, але неправильно розпізнати його через схоже кольорове кодування. Інший працівник правильно розпізнає сигнал, проте забуде незавершений крок після радіовиклику. Однакове формулювання «не виконав процедуру» приховує різницю між цими подіями.

Емоційний стан і мотивація змінюють пріоритети, але їх не можна визначити лише з кінцевої помилки. Аналітик шукає підтвердження в повідомленнях, часовій послідовності, поведінці та умовах роботи. Припущення про особистість без таких даних залишається припущенням.

3.3 Індивідуальні властивості, навички та поточний стан людини

Під час аналізу розмежовують відносно стійкі властивості, набуті навички та поточний стан. Швидкість реакції може відрізнятися між людьми, навичка формується вправами, а втома змінюється протягом зміни. Змішування цих пояснень веде до невдалих заходів.

Новий працівник довго шукає повідомлення через незнайоме розташування елементів. Досвідчений може витратити стільки само часу через незвичайний режим або переривання. Зовнішній результат подібний, але першому потрібні вправи, а другому — підтримка відновлення контексту.

Поточні сигнали й проміжні результати утримуються в робочій пам'яті, тоді як правила та досвід пов'язані з довготривалою пам'яттю (рис. 3.2).

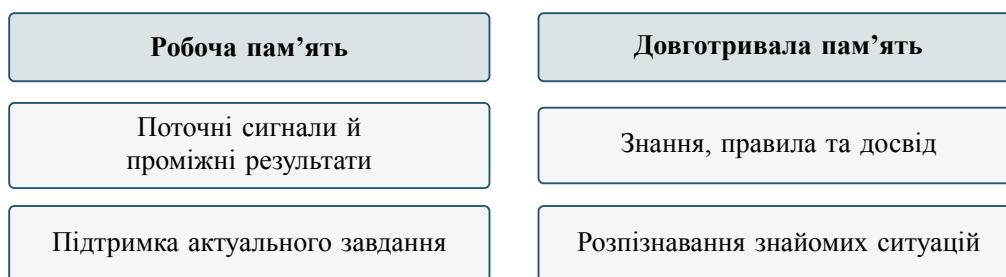


Рисунок 3.2 – Робоча та довготривала пам'ять у діяльності оператора. Авторська навчальна схема за [5].

Оцінювання людини пов'язують із визначеною діяльністю. Результат тесту на увагу не можна автоматично переносити на всі професійні ситуації. Потрібно показати, які елементи тестового завдання відповідають реальній роботі та які умови залишилися поза перевіркою [7].

3.4 Переривання та відновлення послідовності дій

Виробничі завдання часто виконуються не безперервно. Оператор відповідає на запитання, отримує нову команду або переключається на термінову подію. Після повернення потрібно відновити не тільки назву завдання, а й місце в послідовності операцій. Помилка може полягати в повторному виконанні вже завершеного кроку або пропуску того, який ще залишався відкритим.

Для аналізу слід установити, яка інформація залишалася видимою після

переривання. Якщо всі етапи позначені однаково, людина змушена покладатися на пам'ять. Якщо система розрізняє завершені, поточні й невиконані дії, відновлення стає простішим. Допоміжний запис також має містити зміст наступної дії, а не лише загальну позначку «продовжити». Корисність такого засобу перевіряють у вправі з реальним переключенням уваги.

Під час одночасного спостереження за рухом, радіообміну та пошуку даних завдання конкурують за обмежені ресурси уваги, як показано на рис. 3.3.

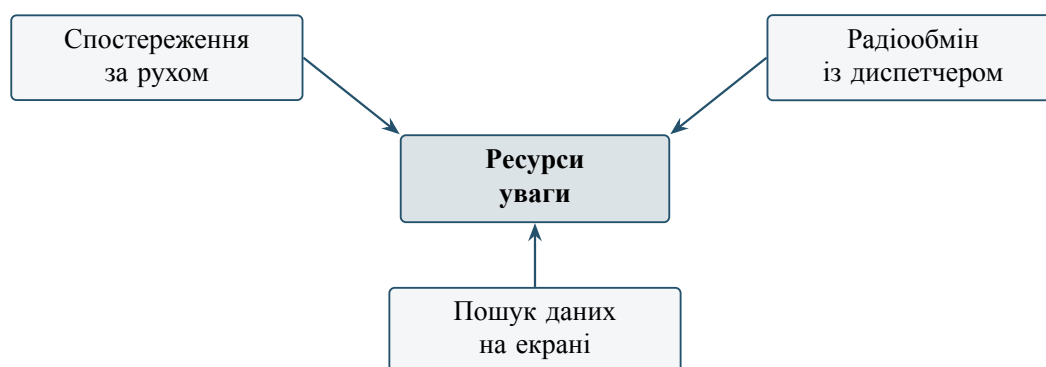


Рисунок 3.3 – Конкуренція завдань за ресурси уваги. Авторська навчальна схема за [5].

Індивідуальні способи запам'ятовування можуть відрізнятися. Проте організація не повинна покладати на кожного працівника обов'язок самостійно винаходити захист від однакової проблеми. Якщо переривання є типовою властивістю роботи, підтримку повернення до завдання слід включити до стандартного процесу. Так індивідуальний досвід перетворюється на ресурс удосконалення всієї системи.

3.5 Порівняння виконавців та підсумкові орієнтири

Двоє операторів помилилися під час вибору транспортного засобу в електронному списку. Перший обрав сусідній рядок, хоча правильно назвав потрібний номер. Другий натиснув саме той рядок, який мав намір обрати, але виходив із застарілої інформації. У першому випадку потрібно дослідити точність керування й оформлення списку. У другому — доступність актуальних даних та спосіб перевірки рішення.

Спільна вимога «уважніше вибирати номер» не враховує цієї різниці. Для

першої ситуації можна перевірити чіткість виділення рядка й підтвердження вибраного об'єкта. Для другої — показ часу оновлення інформації та повідомлення про зміну призначення. Навчальна мета полягає не у встановленні, хто з операторів кращий, а в розмежуванні механізмів помилки й виборі відповідного захисту.

Під час розбору корисно попросити кожного виконавця відтворити свою логіку. Пояснення порівнюють із записами системи та умовами завдання. Якщо спогади відрізняються від журналу, це потребує уточнення, а не негайного висновку про нещирість. Після аналізу формулюють перевірювану пропозицію: яка зміна має допомогти, кому саме й за яких умов.

Індивідуальність людських помилок означає необхідність уважно досліджувати причини, а не відмовлятися від спільних правил безпеки. Надійність підтримують одночасно розвитком навичок і вдосконаленням умов роботи. Для самоперевірки варто пояснити відмінність між особливістю та станом, описати наслідки переривання й запропонувати два різні заходи для зовні подібних помилок. Обґрунтування має спиратися на механізм дії, а не на загальну характеристику особистості.

Під час порівняння результатів потрібно враховувати складність виконаних завдань. Працівник, якому доручають нестандартні випадки, може мати більше зафіксованих труднощів, ніж той, хто виконує лише звичні операції. Без урахування цього контексту просте порівняння кількості помилок буде неповним. Доцільно описувати вид завдання, доступну підтримку та умови його виконання.

Навчання також слід оцінювати в динаміці. Потрібно бачити, чи людина розуміє причину попереднього відхилення, чи змінює спосіб перевірки та чи переносить засвоєне на інший приклад. Поліпшення окремого показника не повинно досягатися прихованою втратою якості. Наприклад, швидше виконання не є достатнім результатом, якщо працівник почав пропускати перевірку

об'єкта. Такий підхід поєднує повагу до індивідуальних особливостей із вимогами до надійної роботи [11].

Основні поняття

- **Індивідуальні відмінності** — стійкі відмінності між людьми у здібностях, досвіді, способах обробки інформації та виконанні дій.
- **Психофізіологічний стан** — поточне поєднання активації, втоми, стресу та самопочуття, що впливає на діяльність.
- **Навичка** — сформований вправами спосіб дії, який виконується з меншими витратами уваги.
- **Переривання** — зовнішня або внутрішня подія, що відволікає від поточного завдання і створює потребу відновити його контекст.
- **Компенсувальний захід** — зміна навчання, інтерфейсу чи організації роботи, що зменшує вплив виявленої труднощі.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється стійка індивідуальна особливість від тимчасового стану людини?
2. Як навички, досвід і поточне навантаження впливають на характер помилок?
3. Чому зовні подібні помилки можуть потребувати різних заходів?
4. Які засоби допомагають безпечно відновити завдання після переривання?
5. Як коректно порівнювати роботу виконавців за різної складності завдань?

РОЗДІЛ 4

Особистість і поведінка в професійній діяльності

Особистісні властивості описують відносно стійкі відмінності між людьми, але не передбачають окрему дію без урахування ситуації. Обережний працівник може поспішити під тиском часу, а досвідчений — помилитися після тривалого чергування. Тому інженерний аналіз поєднує відомості про людину з вимогами завдання та робочими умовами.

Генетичні передумови, досвід, навчання й соціальне середовище беруть участь у формуванні особистості. Для професійного аналізу цього переліку недостатньо. Потрібно встановити, яка властивість пов'язана з конкретною дією і якими даними це підтверджено.

4.1 Стресостійкість та життєздатність людини в системі «людина–машина»

Стресостійкість описує здатність зберігати керовану діяльність під навантаженням. Життєздатність охоплює також відновлення після збою та пристосування до змін. Обидві характеристики залежать від тривалості зміни, підтримки колег, стану обладнання й можливості зробити перерву.

Уявімо диспетчера під час різкого погіршення погоди. Кількість повідомлень зростає, частина рейсів змінює маршрут, а телефонні запити переривають основну роботу. Особистої витримки замало. Потрібні пріоритет сигналів, розподіл завдань у зміні та спосіб передати незавершену дію колесі.

Тренування стійкості має відтворювати професійне навантаження. Дихальна вправа може допомогти відновити контроль, але вона не усуне суперечливі команди або надмірну кількість тривог. Заходи для людини й зміни системи оцінюють окремо [6].

4.2 Особливості обробки інформації людиною в системі «людина–машина»

Людина не обробляє всі сигнали однаково. Увага відбирає частину інформації, робоча пам'ять утримує проміжні дані, а попередній досвід формує очікування. Це не набір незалежних «факторів»: зміна одного етапу впливає на наступні.

Якщо три тривоги мають однаковий колір і звук, оператор спочатку визначає їхній пріоритет, а вже потім діє. За дефіциту часу він може використати знайоме правило, навіть коли ситуація відрізняється. Групування повідомлень за наслідками й показ потрібної перевірки скорочують цей пошук.

Емоції та соціальний вплив також змінюють рішення, але їх не слід використовувати як універсальне пояснення. Аналітик перевіряє, що саме людина бачила, чула й знала в момент вибору. Лише після цього оцінюють роль стресу, авторитету колеги або попереднього досвіду.

4.3 Вплив стресу на прийняття рішень, методи оптимізації інтерфейсів

Під дією стресу увага часто звужується навколо ознаки, сприйнятої як головна загроза. Через це оператор пропускає сигнал, який пояснює стан системи. Робоча пам'ять утримує менше нових даних, а рішення частіше спирається на звичну послідовність.

Розглянемо аварійне повідомлення на панелі. Фраза «критична помилка» підсилює напруження, але не повідомляє, який вузол відмовив і що перевірити. Корисне повідомлення називає об'єкт, стан, час і доступну дію. Небезпечну команду відокремлюють візуально, а її підтвердження показує конкретний наслідок.

Монотонність зменшують ротацією завдань і короткими перервами. Водночас кожне переключення потребує відновлення контексту. Тому графік оцінюють разом зі способом передавання незавершеної роботи.

Взаємозв'язок навантаження, уваги та рішення показано на рис. 4.1 [5].



Рисунок 4.1 – Можливий механізм впливу стресу на прийняття рішення. Авторська навчальна схема за [5].

4.4 Особистісні якості, психічні процеси та інтелект

Особистісна властивість, психічний процес і навичка описують різні явища. Темперамент характеризує відносно стійкий спосіб реагування; увага й пам'ять забезпечують поточну обробку інформації; навичка формується практикою. Під час аналізу їх не об'єднують у один список.

Модель BFI-2 групує особистісні риси за доменами й фасетами (рис. 4.2) [7]. Вона допомагає впорядкувати опис, але не замінює спостереження за професійною дією.

Домен	Три фасети
Екстраверсія	Товариськість; асертивність; енергійність
Доброзичливість	Співчутливість; повага; довіра
Сумлінність	Організованість; продуктивність; відповідальність
Негативна емоційність	Тривожність; пригніченість; емоційна мінливість
Відкритість досвіду	Інтелектуальна допитливість; естетична чутливість; творча уява

Рисунок 4.2 – Домени та фасети моделі особистості BFI-2. Авторська навчальна схема за [7].

Теорія Спірмена описує загальний фактор, пов'язаний із результатами різних розумових завдань. Гарднер наголошував на відмінностях між кількома видами здібностей, а Штернберг розрізняв аналітичний, творчий і практичний компоненти. Для професійного відбору назви теорій самі по собі нічого не вирішують. Потрібно встановити, яка здатність потрібна в роботі та як її перевіряє завдання.

Наприклад, тест на абстрактні закономірності не оцінює автоматично роботу диспетчера з радіообміном. Якщо посада потребує одночасного контролю кількох потоків, випробування має містити подібне переключення й часові обмеження.

4.5 Теорії та стилі лідерства

Стиль керівництва проявляється у способі розподілу повноважень, обговорення рішень і контролю результату. Замість поділу стилів на «добрі» й «погані» оцінюють їхню відповідність ситуації.

Під час аварійного реагування керівник може коротко розподілити ролі й обмежити дискусію. Після стабілізації ситуації такий самий директивний спосіб заважатиме команді повідомити про сумніви. Під час планування корисніше залучити фахівців, які бачать різні частини процесу.

Авторитарний, партисипативний і делегувальний способи відрізняються часткою самостійності команди. Трансформаційне лідерство зосереджується на спільному баченні та розвитку працівників. Жодна назва не гарантує результату: його перевіряють за якістю рішень, обміном інформацією та здатністю команди діяти без постійної підказки.

Самоефективність впливає на готовність людини братися за складне завдання й наполегливо перевіряти результат. Джерела її формування наведено на рис. 4.3 [8].



Рисунок 4.3 – Джерела формування самоефективності. Авторська навчальна схема за [8].

Основні поняття

- **Особистість** — система відносно стійких властивостей, мотивів і способів взаємодії людини.
- **Стресостійкість** — здатність зберігати керовану діяльність і відновлюватися за дії стресорів.
- **Когнітивні процеси** — сприйняття, увага, пам'ять, мислення та ухвалення рішень, що забезпечують обробку інформації.
- **Самоефективність** — переконаність людини у власній здатності організувати дії для досягнення мети.
- **Стиль лідерства** — характерний спосіб ухвалення рішень, розподілу повноважень і взаємодії з командою.

Контрольні запитання

1. Які особистісні та ситуаційні чинники впливають на поведінку людини?
2. Як стрес змінює увагу, пам'ять і ухвалення рішень?
3. Які зміни інтерфейсу можуть зменшити негативний вплив стресу?
4. Як формується самоефективність і чому вона значуща для професійної діяльності?
5. Чому ефективний лідер має змінювати стиль керівництва відповідно до ситуації?

РОЗДІЛ 5

Потреби та мотивація при ухваленні рішень людиною

Мотивація впливає на те, яку мету людина обирає, скільки зусиль докладає та коли припиняє дію. У професійній ситуації її не можна зводити до бажання «працювати краще». На поведінку одночасно діють винагорода, відповідальність, зміст завдання, норми групи й очікуваний результат.

Уявімо водія, який намагається надолужити відставання від графіка. Мета прибути вчасно може вступити в конфлікт із обмеженням швидкості. Аналіз має показати, які показники оцінює організація, як диспетчер реагує на затримку та чи передбачає розклад запас часу.

5.1 Теорії потреб і мотивації

Теорії потреб пропонують різні пояснення поведінки. Ієрархічні моделі описують співвідношення потреб, теорія самодетермінації зосереджується на автономії, компетентності та пов'язаності, а теорії очікування — на зв'язку між зусиллям, результатом і винагородою. Їх не слід подавати як взаємозамінні списки.

Для аналізу робочої ситуації спочатку формулюють питання. Якщо працівники уникають нового обладнання, потрібно з'ясувати, чи бракує їм навички, чи не бачать вони користі, чи очікують покарання за повільну роботу під час навчання. Кожне пояснення веде до іншого рішення.

Теорія самодетермінації пов'язує стійку мотивацію із задоволенням потреб в автономії, компетентності та пов'язаності з іншими людьми (рис. 5.1) [9].

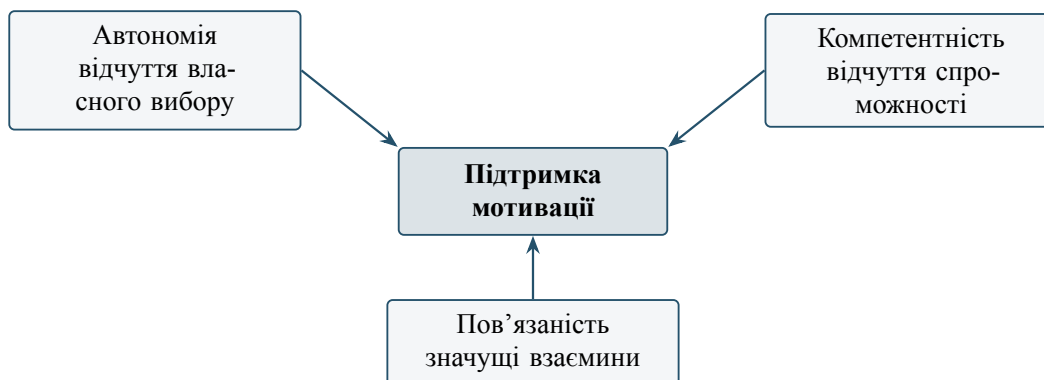


Рисунок 5.1 – Базові психологічні потреби в теорії самодетермінації. Авторська навчальна схема за [9].

5.2 Мотивація у професійній діяльності та бізнесі

Винагорода спрямовує увагу на показник, за який її нараховують. Це може дати небажаний ефект. Якщо ремонтну бригаду оцінюють лише за швидкістю закриття заявки, працівники можуть скоротити перевірку після ремонту. Показник виконано, але ризик повертається в систему.

Зворотний зв'язок має пояснювати розбіжність між очікуваним і фактичним результатом. Фраза «працуйте уважніше» не показує, яку дію змінити. Натомість розбір конкретної операції допомагає працівникові побачити пропущений крок і спосіб його перевірки.

Визнання корисне, коли пов'язане з реальною дією: виявленням дефектом, точним передаванням зміни або вчасним припиненням небезпечної роботи. Формальна похвала без такого зв'язку швидко втрачає зміст.

Взаємозв'язок автономної та контрольованої мотивації показано на рис. 5.2.

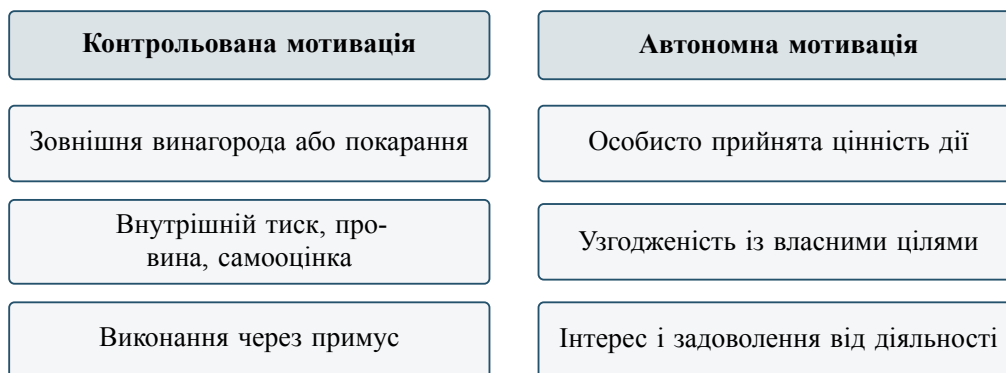


Рисунок 5.2 – Укрупнене розмежування контрольованої та автономної мотивації. Авторська навчальна схема за [9].

5.3 Групова поведінка, емоції та моделі поведінки

Група задає неформальні норми швидкості, допустимого ризику й способу повідомляти про труднощі. Новий працівник спостерігає не лише за інструкцією, а й за діями колег. Якщо досвідчені оператори обходять перевірку, обхід поступово стає фактичним правилом.

Емоції змінюють оцінку ситуації. Страх може прискорити відмову від ризикованої дії або, навпаки, звузити увагу. Гнів підсилює готовність діяти, але не обов'язково погіршує кожне рішення. Тому після події досліджують сигнали, часову послідовність і поведінку, а не приписують наслідок одній емоції.

Біхевіористський підхід аналізує стимули й підкріплення, когнітивний — уявлення та інтерпретацію інформації, соціально-когнітивний — навчання через спостереження. У виробничому прикладі ці погляди можна поєднати: працівник бачить дії колеги, формує очікування щодо наслідків і повторює поведінку, яку організація фактично винагороджує [8].

5.4 Мотивація досягнень і соціальні мотиви

Прагнення досягнення проявляється у виборі складності завдання, наполегливості й способі оцінити результат. Воно може підтримувати майстерність, але іноді спонукає приховувати помилку, якщо статус залежить від бездоганного показника.

Соціальні мотиви пов'язані з належністю до групи, визнанням і взаємною

підтримкою. У транспортній команді вони впливають на готовність поставити уточнювальне запитання або заперечити старшому колезі. Організація повинна зробити таке заперечення прийнятною частиною перевірки, а не особистим конфліктом.

Розглянемо молодого механіка, який помітив невідповідність номера деталі. Якщо в бригаді цінують швидкість і не схвалюють сумнівів, він може промовчати. Якщо зупинка для перевірки є визнаною нормою, той самий працівник повідомить про проблему. Поведінку змінила не «сила мотивації», а очікувані соціальні наслідки.

5.5 Евристики, поведінкові труднощі та професійна взаємодія

Евристика – це розумові ярлики, спрощені правила, які ми використовуємо, щоб швидко приймати рішення в складних або невизначених ситуаціях. Це своєрідні ментальні скорочення, які допомагають нам економити когнітивні ресурси та приймати рішення швидко, не аналізуючи всю доступну інформацію. Ми використовуємо евристику бо це дозволяє підвищити швидкість, евристика дозволяє приймати рішення швидко, що особливо потрібно в ситуаціях, коли часу на обдумування обмаль. Евристика призводить до економії когнітивних ресурсів, а наш мозок має обмежені ресурси, і евристика допомагає нам не перевантажуватися інформацією. Евристики допомагають опереторам адаптуватися до складного і непередбачуваного світу.

Є такі типи евристик: Евристика доступності - ми оцінюємо ймовірність події на основі того, наскільки легко згадати приклади цієї події. Наприклад, якщо ми нещодавно чули новини про авіакатастрофу, ми можемо переоцінити ризик подорожувати літаком. Евристика репрезентативності - ми класифікуємо речі або людей на основі того, наскільки вони відповідають прототипу цієї категорії. Наприклад, якщо людина носить окуляри і читає книги, ми можемо схильні вважати її інтелектуальною.

Поведінкові труднощі у виробничій ситуації потрібно описувати через

спостережувані дії та їхні наслідки. Суперечка, відмова уточнювати інформацію або приховування помилки потребують аналізу контексту. Зовнішня поведінка не дає достатніх підстав для психологічного чи медичного діагнозу. Для інженерного аналізу потрібно встановити вимоги завдання, систему заохочення, доступність допомоги й характер взаємодії.

Негативні моделі мислення можуть проявлятися як звичка передбачати лише невдачу, надмірно узагальнювати окремий випадок або ігнорувати альтернативне пояснення. Під час навчального розбору корисно відокремити факт від оцінки, перевірити підстави висновку та розглянути іншу версію. Це спосіб організувати міркування, а не заміна професійної допомоги у випадках, що виходять за межі навчального завдання [10].

Основні поняття

- **Потреба** — відчуття необхідності у певних умовах, ресурсах або результатах, що спрямовує поведінку.
- **Мотивація** — сукупність внутрішніх і зовнішніх чинників, що спонукають, спрямовують і підтримують діяльність.
- **Мотивація досягнень** — прагнення до успіху, високої якості та подолання помірно складних завдань.
- **Евристика** — спрощене правило міркування, що прискорює рішення, але може спричиняти систематичні відхилення.
- **Групова поведінка** — дії і рішення людей, сформовані нормами, ролями, емоціями та взаємним впливом учасників.

Контрольні запитання

1. Які теорії пояснюють зв'язок потреб і мотивації?
2. Чим внутрішня мотивація відрізняється від зовнішньої?
3. Як система заохочення може підтримувати або послаблювати безпечну поведінку?
4. Яку роль в ухваленні рішень відіграють емоції та групові норми?
5. Чим корисні і небезпечні евристики доступності та репрезентативності?

РОЗДІЛ 6

Помилка людини-виконавця

6.1 Прийняття рішень та індивідуальні відмінності

Прийняття рішень – це когнітивний процес, який передбачає вибір між кількома альтернативами. Це щоденна діяльність, яку ми здійснюємо свідомо або несвідомо. Від простих виборів (що одягнути) до складних (яку кар’єру обрати), кожне рішення має свої наслідки.

Когнітивні аспекти науки досліджують, як наш розум обробляє інформацію, формує судження і приймає рішення. Цей процес може бути як раціональним, так і емоційним, а часто є їхньою сумішшю. Фактори, що впливають на прийняття рішень, це є результати факторія як реальні так і створені нами (надумані, додумані, вигадані...). Мозок може створювати когнітивні спотворення, у вигляді систематичних помилок в мисленні, які впливають на наше сприйняття інформації і, відповідно, на прийняття рішень. Наприклад, відоме явище ефекту укладання, при якому наша свідомість приділяє більше значення інформації, яку отримали першою.

Ми часто опираємось на само переконання у правоті наших рішень, рішень, які на нашу думку є правильними, що не завжди є правильним. Для підтвердження власних переконань ми шукаємо інформацію, яка підтверджує наші попередні уявлення, і ігноруємо протилежні докази і завжди знаходимо чим себе переконати.

Інколи наші переконання спитаються на ореол і має місце ефект ореолу при якому ми формуємо загальне враження про людину або явище на основі однієї помітної характеристики. Або на наші рішення ми допускаємо вплив емоцій. Наші емоції можуть сильно впливати на прийняття рішень. Страх, радість, гнів можуть спонукати нас до швидких і часто нерациональних дій.

В процесі прийняття рішення має місце й вплив на таке рішення моти-

ваційної складової. Мотивація, наші цілі та бажання також впливають на вибір. Ми часто приймаємо рішення, які допоможуть нам досягти наших цілей.

Окрім нас на наші рішення впливають оточуючі. Соціальний тиск значущий в даному процесі, думки і очікування інших людей можуть вплинути на наше рішення.

Індивідуальні відмінності в прийнятті рішень є основою того, що ми приймаємо різні рішення.

Індивідуальні відмінності можуть проявлятися в темпі обмірковування, ставленні до невизначеності та звичних способах перевірки. Проте рішення залежить також від знань, досвіду й умов діяльності. Назва особистісної риси не дозволяє однозначно передбачити поведінку. Під час аналізу потрібно описувати спостережувані дії та обставини, а не підміняти їх стереотипною характеристикою людини. Один працівник довше порівнює варіанти, інший швидко впізнає знайомий сценарій; у кожному випадку слід перевірити підстави та результат вибору.

Всі ми – особистості маємо свої неповторні когнитивні стилі: Інтуїтивний стиль - люди, які покладаються на інтуїцію, часто приймають рішення швидко, але можуть бути менш обґрунтованими. Аналітичний стиль - люди, які аналізують всі можливі варіанти, приймають рішення більш обережно, але можуть витрачати на це більше часу. Наш попередній досвід формує наші очікування і впливає на те, як ми сприймаємо нову інформацію. Емоції, почуття можуть сильно впливати на процес прийняття рішень, особливо в стресових ситуаціях.

Варіанти рішень часто оцінюються мотивацією. Наші цілі і бажання визначають, які варіанти ми будемо розглядати. Особисті цінності впливають на те, які критерії ми використовуємо для оцінки різних варіантів.

Індивідуальні відмінності впливають на швидкість і спосіб вибору. Один фахівець довше перевіряє дані, інший швидше переходить до дії. У команді ці відмінності враховують під час розподілу ролей і взаємної перевірки. Водно-

час стиль не є незмінною властивістю: дефіцит часу, втома й відповідальність можуть змінити поведінку тієї самої людини [10].

6.2 Прийняття рішень в умовах невизначеності та автоматизована підтримка

Прийняття рішень в умовах невизначеності - мистецтво балансувати між знанням та інтуїцією.

Прийняття рішень є невід’ємною частиною нашого життя, як особистого, так і професійного. Однак, часто ми стикаємося з ситуаціями, коли інформації недостатньо, а майбутнє наповнене невідомістю. Це і є прийняття рішень в умовах невизначеності. Невизначеність – це стан, коли ми не можемо точно передбачити наслідки наших дій.

Це може бути пов’язано з відсутністю чи обмеженістю інформації. Ми не знаємо всіх факторів, які впливають на ситуацію. Системи, з якими ми маємо справу, можуть бути надто складними для повного розуміння. В процесі прийняття рішення ситуація може змінюватися.

Прийняття рішень в умовах невизначеності є складним. Страх невдачі, сумніви, тривога можуть впливати на наш вибір. Для повністю вірного рішення ми маємо але не можемо обробити всю доступну інформацію. Часто рішення потрібно приймати швидко, без достатньої підготовки.

Існує багато різних підходів до прийняття рішень в умовах невизначеності, але всі вони спрямовані на зменшення ризику та підвищення ймовірності успіху. Складання списку можливих варіантів розвитку подій та їхніх наслідків полегшить процес, а визначення потенційних ризиків, пов’язаних з кожним варіантом зменшить наслідки.

Автоматизовані засоби можуть допомагати опрацьовувати дані та порівнювати варіанти, проте якість результату залежить від вихідної інформації й меж застосування. Оператору потрібно розуміти підстави рекомендації та мати можливість врахувати обставини, які система не відображає. Підтримка рішен-

ня не повинна перетворюватися на некритичне прийняття автоматичної відповіді.

6.3 Помилки, їх класифікація та командний вимір

Помилку класифікують лише настільки детально, наскільки це допомагає обрати захід. Пропуск сигналу відрізняється від неправильного рішення, а правильний намір — від неточного виконання. Поділ за тяжкістю описує наслідок, але не пояснює механізм.

Розглянемо вибір рейсу в електронному списку. Якщо диспетчер натиснув сусідній рядок, досліджують щільність списку, точність керування та підтвердження вибраного об'єкта. Якщо він обрав саме задуманий рядок за застарілими даними, потрібні час оновлення й перевірка джерела. Одна категорія «помилка оператора» приховує цю різницю.

У команді небажана дія може виникнути через неповне передавання інформації. Працівник повідомив номер вузла, але не назвав його модифікацію; колега підтвердив повідомлення, не повторивши дані. Тут аналізують формат обміну й розподіл відповідальності, а не лише пам'ять окремої людини.

Основні типи ненавмисних помилок та відмінність між ними узагальнено на рис. 6.1 [11].

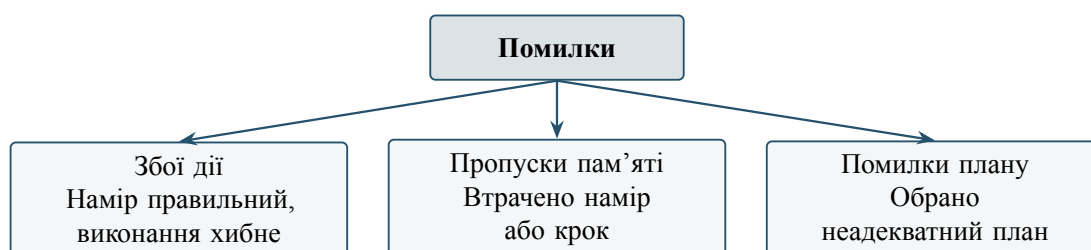


Рисунок 6.1 – Розмежування основних типів ненавмисних помилок. Авторська навчальна схема за [11].

6.4 Надійність людини та когнітивні викривлення

Надійність людини стосується виконання конкретної функції за визначених умов. Вона не є постійною рисою особистості. Той самий працівник може безпомилково виконувати знайому операцію вдень і пропустити крок уночі пі-

сля кількох переривань.

Когнітивне викривлення — це систематична тенденція в оцінюванні інформації. Підтверджувальне упередження спонукає шукати ознаки на користь початкової версії. Ефект якоря утримує оцінку біля першого числа або припущення. Вплив понесених витрат заважає відмовитися від невдалого рішення.

Назва викривлення не повинна замінювати доказ. Якщо технік продовжив ремонт за першою версією несправності, аналітик перевіряє, які нові сигнали з'явилися, чи були вони доступні та чи існував момент для перегляду плану.

Характер дії залежить від рівня її регуляції: навичок, правил або знань. Їх співвідношення показано на рис. 6.2 [12].

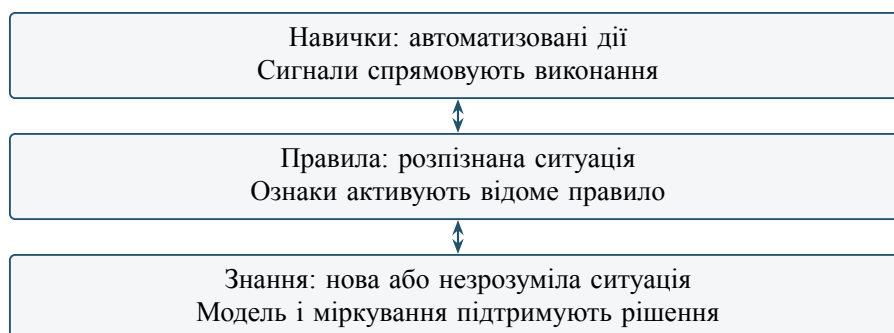


Рисунок 6.2 – Навички, правила та знання як рівні регуляції діяльності. Авторська навчальна схема за [12].

6.5 Аналіз помилок людини

Аналіз відновлює ситуацію такою, якою її бачив виконавець до наслідку. Після події дослідник знає більше, тому правильна відповідь здається очевидною. Щоб уникнути цього викривлення, окремо фіксують доступні сигнали, час, очікування та причини вибору.

Послідовність роботи зручно подати п'ятьма питаннями: яку мету мала людина; що вона бачила; яке правило застосувала; яку дію виконала; як система відповіла. Це методична структура, а не перелік позитивних властивостей. Кожне питання веде до перевірюваних даних.

Заходи спрямовують на виявлений механізм. Для слабко помітного сигналу змінюють подання, для плутаного правила — процедуру, для випадкового

натискання — компонування або підтвердження. Після впровадження повторюють сценарій і перевіряють, чи зникло початкове відхилення та чи не виникло нове.

Зв'язок між активними помилками й прихованими умовами системи показано на рис. 6.3.

Спостережуваний збій	Питання для аналізу
Неправильна дія за правильного наміру	Що відвернуло увагу або спричинило підміну дії?
Забутий крок	Як утримувався і відновлювався намір?
Послідовно виконаний хибний план	Чому план здавався доречним?

Рисунок 6.3 – Різні механізми помилки потребують різного аналізу. Авторська навчальна схема за [11].

6.6 Ергономічна експертиза нещасних випадків у системах «людина–техніка–середовище»

Ергономічна експертиза нещасного випадку досліджує взаємодію людини, техніки та середовища до події. Аналітик перевіряє видимість сигналів, доступність органів керування, навантаження, стан обладнання й фактичний порядок роботи. Так стає зрозуміло, які умови сприяли помилці та що саме потрібно змінити.

Незважаючи на значний прогрес у галузі безпеки праці та техніки, нещасні випадки продовжують відбуватися. Причини цього різноманітні. Зростання складності систем одна з них. Сучасні системи «людина-техніка-середовище» стають все більш складними, що ускладнює їхню безпечну експлуатацію. Індивідуальні відмінності людей – проблема ергономіки, кожна людина має свої фізичні та психологічні особливості, що впливають на її сприйняття ризиків та здатність до безпечної роботи. Зміна умов праці й динамічне виробниче середовище та нові технології вимагають постійного оновлення знань та навичок працівників.

Основні напрямки ергономічної експертизи це аналіз причин нещасних випадків через визначення прямих і корінних причин, що призвели до інциденту. Практикується оцінка антропометричних та фізіологічних характеристик, аналіз відповідності робочих місць та обладнання антропометричним даним працівників. Ергономіка проводить й вивчення психологічних факторів через оцінку впливу стресу, втоми, монотонності роботи на прийняття рішень та виконання завдань. Аналіз організаційних факторів теж задача ергономіки й реалізується через дослідження впливу системи управління, комунікації та мотивації на безпеку праці. Ергономіка це й наука про оцінку взаємодії людини з технікою, виявлення проблем у інтерфейсах, контролях та індикації.

Ергономіка – це наука, яка вивчає взаємодію людини з навколишнім середовищем, зокрема з інструментами, машинами та системами. Коли ця взаємодія порушується, виникає ризик нещасних випадків. Ергономічні проблеми – це фактори, пов’язані з конструкцією робочих місць, обладнання, організацією виробничих процесів, які можуть призвести до травм, захворювань або зниження продуктивності праці.

Типові ергономічні проблеми, що призводять до нещасних випадків: Неправильне розташування робочого місця- незручна висота столу, стільця, неправильне розташування інструментів можуть призводити до перенапруження м’язів, суглобів, що в свою чергу може спровокувати травми. Недостатнє освітлення- погане освітлення може призвести до втоми очей, зниження концентрації уваги та, як наслідок, до помилок, які можуть спричинити нещасні випадки. Шум- високий рівень шуму може негативно впливати на слух, підвищувати рівень стресу, знижувати продуктивність праці і призводити до помилок.

Вібрація- тривала дія вібрації може призводити до захворювань суглобів, м’язів, нервової системи. Незручні пози- тривале перебування в одній і тій же позі, наприклад, зігнувшись або піднявши руки, може призвести до болю в спи-

ні, шиї та інших частинах тіла.

Основні поняття

- **Людська помилка** — ненавмисне відхилення дії або її результату від передбаченого.
- **Помилка планування** — вибір непридатної мети або способу дії навіть за правильного його виконання.
- **Помилка виконання** — неправильна реалізація правильного наміру через пропуск, перестановку чи неточну дію.
- **Когнітивне викривлення** — систематична схильність у судженнях, що виникає через спрощену обробку інформації.
- **Ергономічна експертиза** — системне дослідження події, завдання, техніки, середовища та організації роботи.

Контрольні запитання

1. Чим помилка планування відрізняється від помилки виконання?
2. Як невизначеність, дефіцит часу та автоматизована підтримка впливають на рішення?
3. Які когнітивні викривлення найчастіше впливають на оцінювання ризику?
4. Чому аналіз помилки не можна обмежувати останньою дією виконавця?
5. Які дані потрібні для обґрунтованої ергономічної експертизи нещасного випадку?

РОЗДІЛ 7

Управління безпекою в системах підвищеної небезпеки

Система підвищеної небезпеки може завдати значної шкоди людям, майну або довкіллю. До таких систем належать енергетичні установки, хімічні виробництва й транспортні об'єкти. Управління ризиком охоплює запобігання події, готовність до реагування та обмеження наслідків.

Роботу починають з опису небезпеки та сценарію її розвитку. Далі визначають технічні бар'єри, процедури, відповідальних осіб і спосіб перевірки. План аварійного реагування має відповідати реальному обладнанню, складу зміни та доступному часу. Його випробовують під час тренувань.

Людина не є окремою «причиною» поза системою. Її дії залежать від підготовки, навантаження, інтерфейсу, стану обладнання й рішень керівництва. Якщо працівник обходить процедуру, аналітик з'ясовує, чому штатний порядок не працював у фактичних умовах.

Технічні засоби допомагають раніше помітити небезпеку. Проте датчик сам по собі не гарантує правильної реакції. Організація визначає поріг спрацювання, спосіб підтвердження сигналу, відповідального працівника та дію на випадок відмови каналу зв'язку.

Розглянемо контроль температури підшипника. Швидке зростання показника може запустити попередження, автоматичне зниження навантаження та перевірку вузла оператором. Якщо всі датчики живляться від одного джерела, його відмова позбавить систему одразу кількох рівнів контролю. Таку залежність потрібно виявити до експлуатації.

Автоматизація переносить частину роботи з людини на техніку, але створює нові завдання: контроль режиму, розуміння меж автоматики та відновлення

ручного керування. Тому зміни перевіряють у штатних і аварійних сценаріях, а результати навчань повертають до проектування.

Психологічні умови впливають на те, чи повідомить працівник про помилку, чи попросить допомоги та як діятиме під тиском часу. Керівники мають підтримувати відкрите повідомлення про ризики. Державне регулювання задає обов'язкові вимоги до обладнання, підготовки персоналу, контролю й розслідування подій [21].

7.1 Методи аналізу надійності людини і системи «людина–машина»

Аналіз починають із декомпозиції завдання на спостережувані дії та переходи між ними. Для кожного кроку визначають потрібний сигнал, очікувану дію, часовий запас і можливість виявити відхилення.

Метод Дельфі використовує незалежні оцінки кількох фахівців із подальшим уточненням розбіжностей. Спостереження й відеозапис показують фактичний порядок роботи. Лабораторний експеримент допомагає контролювати умови, а польове дослідження виявляє вплив реального шуму, темпу та взаємодії в команді.

Фізіологічні показники доповнюють, але не замінюють аналіз діяльності. Зміна пульсу може бути пов'язана з навантаженням, рухом або емоційною реакцією. Її тлумачать разом із часом виконання, помилками та описом ситуації.

Для технічної частини оцінюють імовірність безвідмовної роботи, час до відмови та відновлення. Для оператора досліджують імовірність пропуску, неправильної дії та успішного виправлення. Ці показники пов'язують у моделі лише після перевірки залежностей між подіями.

Початковий етап аналізу людської надійності показано на рис. 7.1 [13].



Рисунок 7.1 – Декомпозиція завдання для аналізу людської надійності. Авторська навчальна схема за [13].

7.2 Оцінка людського чинника

Метод оцінювання добирають за питанням дослідження. Анкета збирає суб'єктивні оцінки, але не показує фактичну послідовність дій. Спостереження виявляє повторювані труднощі, проте без інтерв'ю не завжди пояснює їх причину. Аналіз журналів подій показує, де користувач зупинився або повернувся до попереднього кроку.

Під час тестування інтерфейсу учасник виконує визначене завдання, а дослідник фіксує час, помилки, запити про допомогу та спосіб відновлення. Наприклад, якщо кілька водіїв плутають сусідні режими кліматичної системи, проблему перевіряють через розташування, позначення й зворотний зв'язок, а не пояснюють неуважністю.

Поєднання методів дає надійніший висновок. Анкета описує сприйняття, спостереження — поведінку, а технічні журнали — стан системи. Розбіжності між джерелами також є результатом і потребують пояснення [13].

7.3 Система аналізу і класифікації людського фактора (HFACS)

HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) застосовують для впорядкування відомостей про людський чинник під час аналізу подій. Метод допомагає розглядати не тільки дії виконавця, а й передумови та організаційні впливи.

Чотири рівні HFACS: небезпечні дії; передумови небезпечних дій; небезпечний нагляд; організаційні впливи. На першому рівні розглядають конкретні помилки й порушення. На другому аналізують умови діяльності та взаємодії. Третій стосується організації нагляду, а четвертий — ширших управлінських умов. Віднесення факту до рівня потребує доказів; назва категорії сама по собі не пояснює причину події.

Процес аналізу за допомогою HFACS включає наступні кроки: Збір даних-збирається вся доступна інформація про подію, включаючи записи з бортових самописців, інтерв'ю з учасниками події, дані про технічний стан літака то-

що. Ідентифікація помилок:- аналізуються зібрані дані для виявлення конкретних помилок, які призвели до інциденту. Класифікація помилок- кожна помилка класифікується за одним з чотирьох рівнів моделі HFACS. Аналіз причин- визначаються основні причини, які сприяли виникненню помилок на кожному рівні.

Розробка рекомендацій: на основі проведеного аналізу визначають заходи усунення виявлених проблем і запобігання подібним інцидентам у майбутньому.

HFACS не встановлює причину автоматично. Модель задає місця, де аналітик шукає підтверджені умови: дію виконавця, стан і взаємодію людей, якість нагляду та управлінські рішення. Один факт може стосуватися кількох рівнів, тому зв'язок між ними потрібно обґрунтувати.

Наприклад, пропущений пункт перевірки належить до рівня дії. Якщо зміна працювала за скороченою неофіційною процедурою, це вже умова роботи. Коли керівник знав про практику й не реагував, аналіз переходить до нагляду. Якщо планові показники систематично винагороджували скорочення перевірки, з'являється організаційний рівень.

Такий розбір використовують в авіації та інших галузях, але категорії потрібно пристосовувати до даних конкретної діяльності. Перенесення назв без доказів лише створює видимість системного пояснення.

7.4 Методи ймовірнісної оцінки ризику та ймовірності людської помилки

Оцінка ризику пов'язує ймовірність небажаної події з тяжкістю її наслідків. Метод добирають за сферою застосування, структурою системи та якістю доступних даних. Для повторюваної операції можна використати статистику, а для рідкісного сценарію — експертне оцінювання й аналіз припущень. Числовий результат завжди подають разом із межами невизначеності.

Вимоги до точності- необхідний рівень точності оцінки. Ось деякі з найпоширеніших методів: Експертні оцінки: Метод Дельфі при якому група експертів

пертів незалежно оцінює ймовірність події, а потім результати обговорюються і уточнюються. Аналіз сценаріїв враховує, що експерти моделюють різні сценарії розвитку подій та оцінюють їхню ймовірність. Статистичні методи: Аналіз частоти подій це використання історичних даних про частоту виникнення подібних подій для оцінки ймовірності їх повторення із математичними підходами до визначення частот подій.

Регресійний аналіз оцінює зв'язок між умовами та частотою події. Дерево подій показує можливі продовження після початкового відхилення, а дерево відмов — поєднання причин, що ведуть до небажаного результату. FMEA розглядає способи відмов окремих елементів та їхні наслідки. Мережі Петрі застосовують для процесів із дискретними станами й переходами.

Симуляційне моделювання.

Вибір методу оцінки ризику та ймовірності людської помилки залежить від конкретної ситуації. Часто використовується комбінація різних методів для отримання більш точної оцінки. Потрібно розуміти, що будь-яка оцінка ризику є неточною і має певний ступінь невизначеності [14].

7.5 Методика прогнозування ймовірності помилок людини (THERP)

THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) оцінює ймовірність помилки в послідовності дій. Завдання розкладають на кроки, для кожного визначають можливість успішного виконання, пропуску, неправильної дії та її виявлення. Результат залежить від вихідних даних і припущень про залежність між кроками, тому числову оцінку супроводжують поясненням умов застосування.

Помилка- відхилення від запланованої дії. Типи помилок- розрізняють різні типи помилок, такі як помилки сприйняття, помилки пам'яті, помилки виконання. Фактори, що впливають на ймовірність помилки- складність завдання, час на виконання завдання, навантаження на оператора, умови навколишнього середовища тощо. Послідовність дій оператора описують разом із можливостями успіху, помилки та її виявлення; враховують залежності між діями. THERP

є потужним інструментом для оцінки ймовірності людських помилок. Однак, для отримання достовірних результатів необхідно враховувати її обмеження і використовувати її в комплексі з іншими методами аналізу.

Основні поняття

- **Система підвищеної небезпеки** — система, відмова якої може мати тяжкі наслідки для людей, довкілля або інфраструктури.
- **HFACS** — ієрархічна система класифікації небезпечних дій, їхніх передумов, недоліків нагляду та організаційних впливів.
- **Імовірнісне оцінювання ризику** — моделювання сценаріїв, їхніх ймовірностей і наслідків з урахуванням невизначеності.
- **THERP** — методика кількісного прогнозування ймовірності помилок у послідовності дій оператора.
- **Захисний бар'єр** — технічний, процедурний або організаційний засіб, що запобігає небезпечному розвитку або послаблює наслідки.

Контрольні запитання

1. Які рівні причин небезпечної події виділяє HFACS?
2. Чому для аналізу безпеки недостатньо описати лише помилку оператора?
3. Які дані та припущення потрібні для ймовірнісного оцінювання ризику?
4. Як THERP враховує послідовність і залежність дій оператора?
5. Як перевірити, що запропонований захисний бар'єр справді зменшує ризик?

РОЗДІЛ 8

Методи аналізу надійності людини в системі «людина–машина»

Аналіз надійності людини встановлює, за яких умов оператор може пропустити сигнал, обрати неправильну дію або не завершити операцію. Аналітик описує завдання, доступну інформацію, часові обмеження, стан обладнання та взаємодію в команді. Простого висновку «людина помилилася» недостатньо.

Метод обирають відповідно до мети. Для кількісної оцінки потрібні дані про частоту подій і умови їх виникнення. Для пояснення конкретного випадку відновлюють послідовність сигналів, рішень і дій. Якщо даних мало, невизначеність фіксують у висновку, а не приховують за точним числом.

Уявімо оператора, який не відреагував на попередження про перегрів. Потрібно перевірити, чи був сигнал видимим, скільки інших тривог діяло одночасно, чи розумів оператор наслідки та чи мав час виконати процедуру. Після цього можна змінити пріоритет тривоги, порядок дій або спосіб підтвердження.

ІІІ допомагає опрацьовувати великі масиви даних і знаходити відхилення. Проте рекомендацію алгоритму не слід сприймати як готове рішення. Якщо несправний датчик передає зміщені значення, модель може впевнено видати хибний прогноз. Оператору потрібні джерела даних, оцінка невизначеності та спосіб незалежної перевірки.

Автоматизація й ІІІ не є тотожними поняттями. У кожному прикладі потрібно назвати функцію засобу, дані, на яких він працює, та роль людини у перевірці результату. Такий опис дає змогу оцінити не лише користь, а й нові залежності системи.

8.1 Методи аналізу людського чинника, що базуються на когнітивному контролі

Когнітивний контроль допомагає спрямовувати увагу, утримувати мету в пам'яті, змінювати стратегію та стримувати передчасну реакцію. Він особливо потрібний тоді, коли кілька сигналів змагаються за увагу або звичний порядок дій більше не відповідає ситуації.

Оцінювання поєднує завдання на увагу, пам'ять, швидкість реакції та переключення між діями. Результат тесту розглядають разом із вимогами реальної роботи. Висока швидкість реакції в простому лабораторному завданні ще не показує, як людина діятиме за шуму, переривань і суперечливих сигналів.

Електроенцефалографія (ЕЕГ) реєструє електричну активність мозку під час виконання завдання. Функціональна магнітно-резонансна томографія (фМРТ) показує зміни активності окремих ділянок мозку. Окулографія фіксує рухи очей і тривалість погляду на елементах інтерфейсу. Поведінковий аналіз доповнює ці дані часом реакції, кількістю помилок і способом виконання завдання.

Жоден показник не тлумачать окремо. Наприклад, тривалий погляд на індикатор може означати уважну перевірку або труднощі з розпізнаванням. Висновок потребує зіставлення погляду з дією оператора, станом системи й результатом операції [14].

8.2 Аналіз подій і контексту дії: ATHEANA

ATHEANA (A Technique for Human Event Analysis) є підходом до аналізу надійності людини, у якому значуще місце посідає контекст небезпечної дії. Розглядаються події, пов'язані з ненадійністю людини, конкретні небезпечні дії та умови, що сприяють їх виникненню. Підхід допомагає шукати сценарії, у яких звичайні очікування оператора можуть не відповідати фактичному стану системи. Назву та призначення уточнено за NRC NUREG-1624, Revision 1.

Під час навчального розбору потрібно відновити, що людина знала в мо-

мент рішення. Аналітик після події часто має більше інформації, ніж виконавець під час роботи. Якщо цю різницю не врахувати, вибір оператора здаватиметься незрозумілим або очевидно неправильним. Завдання аналізу — пояснити зв'язок між доступними ознаками, очікуванням, рішенням і фактичним розвитком ситуації.

Наприклад, повідомлення про відмову з'являється після кількох хибних попереджень. Оператор може сприйняти його як повтор уже відомої ситуації. Це не доводить правильності його дії, але дає напрям дослідження: історія сигналів, можливість розрізнення, перевірка стану та умови реагування. Замість загальної оцінки уважності формується конкретне питання про те, як інтерфейс і попередній досвід вплинули на інтерпретацію.

Контекст не слід перетворювати на довільний перелік усіх можливих чинників. Кожен включений чинник повинен мати зв'язок із подією. Якщо стверджується вплив дефіциту часу, потрібно пояснити, яка саме перевірка була обмежена та які дані це підтверджують. Якщо відомостей немає, припущення позначають як таке, що потребує перевірки.

Укрупнену послідовність аналізу подій за підходом ATHEANA наведено на рис. 8.1 [15].

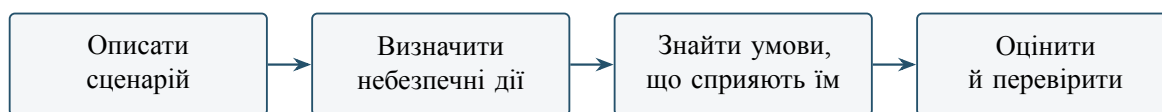


Рисунок 8.1 – Укрупнена логіка аналізу ATHEANA. Авторська навчальна схема за [15].

8.3 Оцінювання та зменшення помилок: HEART

HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique) пов'язує оцінювання помилки з типом завдання та умовами, які ускладнюють його виконання. Значущими є не лише властивості виконавця, а й часові обмеження, досвід, інформація та робоче середовище. Визначені умови використовують для оцінювання та вибору заходів зменшення помилок. Кількісне застосування потребує належних вихідних даних і методичного обґрунтування.

У навчальній роботі спочатку потрібно чітко назвати операцію. Формулювання «помилка диспетчера» надто широке. Формулювання «підтвердження завершення заявки без перевірки фактичного статусу» дозволяє визначити початок і кінець дії, потрібну інформацію та очікуваний результат. Після цього можна аналізувати, які обставини ускладнюють саме цю операцію.

Припустімо, що статус відображається в іншому вікні, назви заявок подібні, а оператор одночасно відповідає на телефонний запит. Кожна обставина має окремий механізм впливу. Перше вимагає переключення, друге створює ризик неправильного вибору, третє перериває послідовність. Заходи також мають бути конкретними: суміщення потрібної інформації, однозначна ідентифікація та підтримка повернення до незавершеної операції.

Без обґрунтованих коефіцієнтів не слід довільно призначати цим обставинам числові значення й оголошувати результат імовірністю. Якісний аналіз залишається корисним: він показує, які умови потрібно змінити. Межі кількісного висновку мають бути зрозумілі читачеві так само, як і перелік запропонованих заходів [16].

Основні складники оцінювання за методом HEART систематизовано на рис. 8.2 [16].



Рисунок 8.2 – Основні складники оцінювання за HEART. Авторська навчальна схема за [16].

8.4 Вибір даних, перевірка їх якості та залежностей

Для аналізу можна використовувати журнал подій, спостереження, пояснення працівника та відомості про організацію роботи. Кожне джерело має власну роль. Журнал показує зареєстровані команди, але не обов'язково пояснює задум людини. Інтерв'ю розкриває міркування, проте спогад може бути неповним. Спостереження дозволяє побачити труднощі, але охоплює обмежений проміжок часу.

Корисно прив'язувати дані до послідовності події. Спочатку встановлюють, який стан системи передував дії, потім — що побачив оператор, що зробив і який результат отримав. Якщо певна ланка невідома, її не заповнюють автоматично типовим поясненням. Невизначеність є частиною результату дослідження та визначає, які додаткові відомості потрібно зібрати.

Особливої уваги потребують розбіжності. Працівник може повідомляти, що сигналу не було, тоді як журнал містить запис про його формування. Ці твердження не обов'язково взаємовиключні: формування сигналу ще не доводить його видимості або помітності на робочому місці. Потрібно перевірити канал подання, поточний екран і можливі перешкоди. Так аналіз переходить від суперечки про правдивість до дослідження взаємодії.

Послідовні дії оператора можуть залежати одна від одної. Неправильне первинне визначення об'єкта впливає на наступний вибір команди та перевірку результату. Якщо працівник послідовно працює з помилково обраним записом, кожен наступний крок може виглядати правильним щодо цього запису. Тому розкладання завдання на етапи не повинно приховувати спільне початкове припущення.

Уявімо, що оператор переплутав два рейси. Він правильно змінює статус, повідомляє колегу й перевіряє нове значення, але все це стосується іншого рейсу. Додаткова перевірка статусу не виявить початкової помилки, якщо не перевіряється ідентичність об'єкта. Надійність послідовності залежить від того, чи кожна перевірка справді додає інформацію, необхідну для досягнення мети.

Подібна залежність виникає в команді. Другий працівник може прийняти формулювання першого без самостійного уточнення. Формально повідомлення підтверджено, але спільне неправильне уявлення зберігається. Для навчального аналізу потрібно визначити, яку інформацію має перевірити інший учасник і чи доступне йому незалежне джерело. Сам факт участі двох людей не є достатнім доказом надійного контролю.

8.5 Від результату аналізу до перевірюваного заходу: навчальна ситуація

Результат дослідження повинен завершуватися обґрунтованою пропозицією, а не тільки назвою помилки. Якщо причиною труднощів є необхідність запам'ятовувати код між двома екранами, захід має зменшувати саме цю вимогу. Якщо проблема полягає в неоднозначності повноважень, зміна кольору повідомлення не усуває її. Відповідність між причиною й заходом потрібно пояснювати явно.

Після вибору рішення формують спосіб перевірки. У навчальному сценарії можна порівняти виконання завдання до зміни та після неї, зберігши основні вихідні умови. Водночас потрібно перевірити інший сценарій, щоб переконатися, що поліпшення не залежить лише від запам'ятовування прикладу. Оцінюють правильність розуміння, характер помилок, можливість відновлення та зайві дії.

Якщо нове рішення створює іншу проблему, це не слід приховувати за загальним позитивним результатом. Наприклад, автоматична перевірка може зменшити кількість неправильних кодів, але не пояснювати причину відхилення даних. Тоді користувачеві потрібний зрозумілий зворотний зв'язок. Удосконалення є послідовним процесом, у якому результати перевірки стають основою наступного уточнення.

Для самостійного аналізу розглянемо ситуація: після телефонного переривання оператор підтвердив завершення не тієї заявки. Потрібно описати мету його роботи, доступні відомості, момент переключення уваги та спосіб повернення до списку. Далі слід відокремити факти від припущень і визначити, які джерела можуть підтвердити кожне пояснення.

Порівняння підходів має показати різницю між дослідженням когнітивного контролю, контексту небезпечної дії та умов виконання завдання. Жоден метод не слід обирати лише через відому назву. Потрібно пояснити, на яке питання він відповідає та яких даних потребує. Підсумком роботи є не умовне

точне число, а зрозумілий аналіз із перевірюваними заходами та позначеними межами висновку [15].

8.6 Межі узагальнення та оформлення аналітичного висновку

Висновок, отриманий для однієї операції, не можна автоматично переносити на всі види роботи. Однаковий інтерфейс може використовуватися з різними цілями, під різним навантаженням і працівниками з різним досвідом. Тому в описі результату потрібно зазначити, яке завдання аналізувалося та за яких умов. Це дозволяє визначити, чи потрібна додаткова перевірка перед застосуванням заходу в іншому підрозділі.

Наприклад, підказка, корисна для нового працівника, може займати місце, потрібне досвідченому оператору для одночасного перегляду кількох об'єктів. Це не означає, що один із користувачів неправильно працює. Потрібно порівняти їхні завдання та перевірити варіанти подання інформації. Рішення може передбачати різні рівні деталізації, але зміна режиму має залишатися зрозумілою та керованою.

Так само варто обережно порівнювати результати тренажера й реальної роботи. Навчальна ситуація дозволяє контролювати умови, проте не відтворює всіх організаційних обставин. У реальній діяльності з'являються сторонні запити, зміни пріоритету й відповідальність за наслідки. Перенесення результату потребує пояснення того, які суттєві ознаки середовища були відтворені, а які залишилися поза дослідженням.

Завершений висновок можна побудувати як послідовну розповідь. Спочатку описують завдання та очікуваний результат. Потім відтворюють фактичні дії й доступну інформацію. Далі пояснюють можливий механізм відхилення, називають докази та позначають невизначеність. Остання частина містить запропонований захід і спосіб перевірки його користі. Така структура дозволяє читачеві простежити логіку без рисунків або таблиць.

Потрібно уникати підміни пояснення оцінним словом. Формулювання

«оператор був неуважний» не показує, який сигнал пропущено та чому. Точнішим буде опис: під час телефонного запиту працівник переключився з незавершеної заявки, а після повернення система не показувала поточний етап. Такий висновок відкриває можливість перевірити конкретний засіб підтримки.

Перед завершенням роботи слід перевірити відповідність кожної рекомендації встановленій проблемі. Чи зрозуміло, як вона діятиме? Чи є можливість оцінити результат? Чи названо обмеження? Чи не подано припущення як доведений факт? Відповіді визначають якість аналізу значно краще, ніж кількість використаних назв методів або складність термінології.

Для перевірки зрозумілості висновку корисно передати його іншому учасникові навчання. Читач має відновити послідовність події та пояснити, чому запропоновано саме такий захід. Якщо для цього потрібні відомості, які автор залишив поза текстом, опис слід доповнити. Особливо потрібно пояснювати значення професійних скорочень, станів системи та моментів передавання відповідальності.

Чітко оформлений аналіз дає змогу повернутися до питання після зміни умов. Інша команда повинна розуміти, які припущення прийнято та які дані можуть змінити висновок. Тоді результат придатний і для навчальної роботи, і для розбору схожих професійних ситуацій.

Основні поняття

- **Аналіз надійності людини** — систематичне виявлення завдань, помилок, умов діяльності та засобів керування ризиком.
- **Когнітивний контроль** — спосіб, у який людина розуміє ситуацію, обирає мету та регулює виконання дій.
- **ATHEANA** — метод аналізу подій з особливою увагою до контексту, небезпечних дій і умов, що їх спричиняють.
- **HEART** — метод оцінювання ймовірності помилки за типом завдання та

умовами, що посилюють помилку.

- **Залежність дій** — вплив результату або умов однієї дії на ймовірність успіху наступної.

Контрольні запитання

1. Які етапи має містити аналіз надійності людини?
2. Чим когнітивно-орієнтовані методи відрізняються від простого підрахунку помилок?
3. Яку роль в ATHEANA відіграє контекст події?
4. Як HEART поєднує тип завдання з умовами, що породжують помилки?
5. Як перевірити якість вихідних даних, припущень і рекомендацій аналізу?

РОЗДІЛ 9

Когнітивні технології управління людським чинником

Когнітивні технології підтримують сприйняття, орієнтування, навчання та рішення людини. Їх оцінюють за функцією в конкретному завданні. Запис рухів очей показує розподіл погляду, але не пояснює сам по собі, чи зрозумів користувач інформацію. Віртуальний тренажер відтворює сценарій, проте його навчальна цінність залежить від точності моделі й зворотного зв'язку.

Розглянемо панель диспетчера. Якщо критичне повідомлення розташоване поза звичною зоною перегляду, окулографія може виявити запізнілу фіксацію. Після зміни компонування дослідник повторює завдання та порівнює час виявлення, правильність рішення й спосіб відновлення після відволікання.

Нейроінтерфейс або система з ШІ потребує такого самого функціонального аналізу. Потрібно знати точність сигналу, затримку, умови відмови та спосіб повернення ручного керування. Назва технології не визначає її придатності.

9.1 Людський чинник у навчанні та сприйнятті інформації

Навчання змінює не лише обсяг знань, а й спосіб бачити ситуацію. Новачок читає показники окремо, тоді як досвідчений оператор швидко впізнає знайому конфігурацію. Тренування має поступово переводити увагу від окремих елементів до зв'язків між ними.

Матеріал подають у тій формі, у якій знання знадобиться під час роботи. Якщо технік має виконувати перевірку в шумному цеху, одного відеоуроку в тихій аудиторії недостатньо. Потрібна вправа з обладнанням, часовими обмеженнями й можливими перериваннями.

Цифрова платформа може добирати вправи та показувати прогрес. Викладач пояснює механізм помилки, змінює складність і перевіряє, чи переноситься

навичка в новий сценарій [5].

9.2 Когнітивна ергономіка

Когнітивна ергономіка досліджує відповідність між способом подання інформації та можливостями уваги, пам'яті й мислення. Її завдання — не зробити екран «простим» взагалі, а підтримати потрібне рішення в заданий момент.

Наприклад, приховування другорядних показників зменшує візуальне навантаження у штатному режимі. Під час несправності ті самі дані можуть знадобитися для діагностики. Інтерфейс повинен показати зміну режиму й дати оператору доступ до деталей, не руйнуючи орієнтування.

Ситуаційна обізнаність охоплює сприйняття елементів, розуміння їхнього значення та прогноз подальшого стану. Ці рівні подано на рис. 9.1 [17].

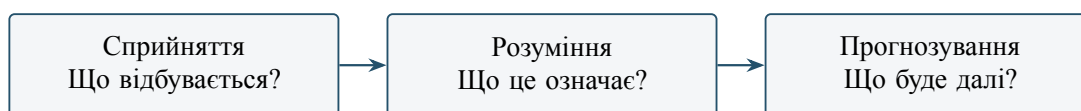


Рисунок 9.1 – Три рівні ситуаційної обізнаності. Авторська навчальна схема за [17].

9.3 Навчання дорослої людини в системі «людина–машина»

Дорослий слухач приходить із попереднім досвідом. Він може прискорити засвоєння або створити хибне перенесення. Після заміни обладнання знайоме розташування кнопок спонукає діяти за старою схемою, хоча функції вже змінилися.

Навчальний сценарій повинен містити типову операцію, зміну режиму та помилкову дію з можливістю відновлення. Після вправи слухач пояснює, які сигнали використав і чому змінив рішення. Такий розбір показує сформоване уявлення про систему краще, ніж тест на відтворення визначень.

Онлайн-курс полегшує доступ до матеріалів, але не замінює практику з обладнанням. Віртуальне середовище безпечно відтворює рідкісну подію, проте потребує перевірки перенесення навички в реальну роботу. Технологію добирають за навчальною метою, а не за її новизною [4].

9.4 Взаємна адаптація людини і технічної системи та формування внутрішнього уявлення

У вихідному матеріалі окремо порушено питання взаємної адаптації. Його практичний зміст полягає в тому, що пристосовується не лише людина. Оператор опановує правила роботи, а інтерфейс, процедури й навчальне забезпечення уточнюються за результатами використання. Якщо змінюється тільки поведінка користувача, незручні властивості системи можуть залишатися прихованими за його додатковими зусиллями.

Наприклад, працівники запам'ятовують незвичні скорочення та навчають їм новачків. Згодом складність перестає бути помітною для досвідченої групи. Проте кожен новий користувач витрачає час на опанування умовних позначень. Спостереження за навчанням дозволяє виявити цю проблему та перевірити, чи можна замінити скорочення зрозумілими назвами. Адаптація людини в такій ситуації не повинна бути аргументом проти вдосконалення інтерфейсу.

Взаємне пристосування є послідовним процесом. Після зміни системи потрібно оцінити, які старі навички залишаються корисними, а які можуть спричинити помилку. Перенесення команди на інше місце, зміна значення кольору або новий порядок підтвердження впливають на звичні дії. Навчання має пояснювати саме ці відмінності, а не обмежуватися демонстрацією всіх функцій без урахування попереднього досвіду.

Адаптація до одного виду навантаження не гарантує готовності до іншого. Людина може впевнено виконувати стандартну послідовність і водночас мати труднощі при суперечливих повідомленнях. Тому перевірка підготовки повинна включати зміну умов, потребу уточнити інформацію та можливість зупинити непридатний алгоритм. Метою є розуміння меж звичного способу дії.

Під час навчання користувач формує уявлення про те, як пов'язані команди, стани обладнання та результати. Якщо це уявлення неповне, людина може правильно натискати кнопки, але не розуміти причин відхилення. Тому поясне-

ння слід будувати навколо причинно-наслідкових зв'язків: яка дія змінює стан, яка ознака підтверджує зміну та що означає відсутність очікуваної відповіді.

Розглянемо навчання роботі з електронною заявкою. Натискання «надіслати» може означати передавання повідомлення, але ще не його прийняття іншим учасником. Якщо слухач ототожнює ці події, він завершуватиме роботу завчасно. Потрібно пояснити різні стани заявки й запропонувати ситуацію, у якій підтвердження затримується. Тоді перевіряється не пам'ять на назви кнопок, а розуміння взаємодії.

Навчальна помилка корисна, коли її можна безпечно розібрати. Викладач просить пояснити очікуваний результат, зіставити його з фактичним станом і визначити наступний крок. Готова відповідь, подана надто рано, приховує труднощі міркування. Самостійне пояснення дозволяє виявити, на якому етапі виникла неправильна інтерпретація, та адресно доповнити матеріал.

9.5 Організація навчального сценарію та оцінювання засвоєння

Практичне заняття доцільно починати з конкретного завдання, а не з переліку функцій програми. Слухачеві повідомляють мету, вихідні умови й доступні засоби. Перший прохід може бути стандартним, щоб сформувати послідовність дій. У наступному проході змінюють одну суттєву умову: частина даних відсутня, повідомлення повторюється або результат потребує додаткової перевірки.

Зміна має відповідати навчальній меті. Якщо потрібно дослідити розпізнавання стану, не варто одночасно створювати багато сторонніх труднощів. Інакше неможливо зрозуміти причину результату. Поступове ускладнення дозволяє встановити, які дії вже засвоєно, а які потребують підтримки. Воно також допомагає відокремити незнання інтерфейсу від нерозуміння професійного завдання.

Після виконання проводять розбір. Спочатку слухач відтворює власний задум, потім група зіставляє його з розвитком ситуації. Обговорення завершується не загальною оцінкою «добре» чи «погано», а визначенням конкретного

способу поліпшення. Наприклад, перед підтвердженням потрібно перевірити статус об'єкта, а після переривання — знайти останній завершений етап. Повторна спроба показує, чи змінився спосіб роботи.

Відтворення визначення є лише одним результатом навчання. Для професійної діяльності потрібно застосовувати поняття до змінених обставин. Тому після знайомого прикладу варто запропонувати іншу ситуацію з тим самим механізмом помилки. Якщо слухач пояснює спільний принцип, він може перенести знання за межі конкретного випадку. Якщо впізнає лише зовнішні деталі, засвоєння ще потребує поглиблення.

Наприклад, принцип підтвердження отримання інформації можна спочатку розглянути на передаванні заявки, а потім на зміні чергування. У другому випадку немає тієї самої кнопки, але залишається потреба перевірити, що інший учасник зрозумів значущі відомості. Порівняння допомагає відокремити професійний принцип від технічного способу його реалізації.

Критерії оцінювання потрібно повідомляти до виконання вправи. Слухач має знати, що оцінюються правильність аналізу, пояснення рішення та врахування обмежень. Швидкість сама по собі не повинна приховувати пропущені перевірки. Водночас зайві дії також потребують обговорення, якщо вони не додають інформації та заважають виконанню основного завдання [17].

Основні поняття

- **Когнітивна ергономіка** — проектування діяльності та інтерфейсів з урахуванням сприйняття, уваги, пам'яті та мислення.
- **Ментальна модель** — внутрішнє уявлення людини про будову, стан і причинні зв'язки системи.
- **Навчання дорослих** — організація засвоєння знань і навичок з опорою на досвід, практичну мету та самостійність слухача.
- **Ситуаційна обізнаність** — сприйняття елементів середовища, розуміння

їх значення та прогнозування найближчого стану.

- **Перенесення навчання** — застосування засвоєного принципу в іншій або зміненій ситуації.

Контрольні запитання

1. Які психічні процеси враховує когнітивна ергономіка?
2. Як ментальна модель впливає на взаємодію людини з технічною системою?
3. Які принципи слід враховувати під час навчання дорослих?
4. Чому взаємна адаптація людини і техніки має зберігати зрозумілість системи?
5. Як навчальний сценарій має перевіряти не лише відтворення, а й перенесення знань?

РОЗДІЛ 10

Ергономічні технології управління людським ЧИННИКОМ

Ергономіка узгоджує завдання, технічні засоби, робоче середовище та можливості людини. Інженер досліджує не абстрактну «зручність», а конкретну операцію: що працівник бачить, до чого тягнеться, яке зусилля докладає і як перевіряє результат.

Антропометричні дані визначають розміри й досяжність робочої зони. Фізіологічні вимірювання допомагають оцінити навантаження та відновлення. Психологічні методи показують, як людина розподіляє увагу, запам'ятовує команди й реагує на попередження. Спостереження за командою доповнює картину даними про обмін інформацією та розподіл відповідальності.

Тривимірна модель дає змогу перевірити досяжність органів керування ще до виготовлення макета. Датчики руху показують повторювані нахили й надмірні зусилля. У віртуальному середовищі працівник може пройти майбутній маршрут, а розробник — помітити вузький прохід або погано розташований індикатор.

Ефект зміни потрібно вимірювати. Після перестановки інструментів порівнюють кількість зайвих рухів, тривалість циклу, частоту помилок і скарги на втому. Якщо показники не змінилися, рішення переглядають. Самої заяви про зручність недостатньо.

Ергономічне рішення має узгоджувати людину, завдання, технічні засоби, робоче середовище та організацію. Взаємозв'язок цих складників показано на рис. 10.1 [19].



Рисунок 10.1 – Узгодження складників робочої системи. Авторська навчальна схема за [19].

10.1 Інформаційно-динамічний підхід в інженерній психофізіології та ергономіці

Інформаційно-динамічний підхід розглядає взаємодію як процес, що змінюється в часі. Оператор отримує сигнали, формує уявлення про стан системи, виконує дію й оцінює відповідь техніки. Затримка або неоднозначність на будь-якому етапі змінює наступне рішення.

Адаптивна система може перебудовувати подання інформації залежно від ситуації або стану користувача. Таку зміну потрібно робити помітною. Якщо дисплей без пояснення приховує частину показників, оператор може втратити орієнтацію саме тоді, коли навантаження зростає.

Для дослідження поєднують ЕЕГ, ЕКГ та рухи очей із тестуванням, спостереженням і математичним моделюванням. Дані зіставляють із виконанням завдання. Зростання частоти пульсу саме по собі не доводить перевантаження, але разом зі збільшенням часу реакції та кількості пропущених сигналів указує на проблему [19].

10.2 Психофізіологічний відбір, профорієнтація та авіаційні методи оцінювання

Відбір починають з аналізу професії, а не з набору доступних тестів. Для кожної функції описують навантаження, часові обмеження, ціну помилки й умови взаємодії. Лише після цього обирають завдання, здатні відтворити потрібну властивість.

Для диспетчера може бути потрібне переключення між кількома потоками даних, для пілота — просторове орієнтування та координація в екіпажі, для техніка — точність перевірки за монотонної роботи. Один тест не охоплює всю професійну діяльність. Результати зіставляють із симуляцією, співбесідою та медичними вимогами.

Профорієнтація має іншу мету. Вона допомагає людині співвіднести інтереси й здібності з вимогами різних професій. Рекомендація не повинна перетворювати окремий показник, наприклад швидкість реакції, на остаточний висновок про придатність.

Інтелектуальна система підтримки рішень (ІСППР) аналізує дані й пропонує варіанти, але не усуває відповідальність фахівця. Її призначення формулюють конкретно: виявити нетиповий показник, спрогнозувати потребу в матеріалі або порівняти сценарії.

Уявімо систему, що радить зняти транспортний засіб із маршруту через прогноз відмови. Оператор має бачити, які датчики дали підставу, наскільки прогноз упевнений і що станеться в разі відкладення ремонту. Якщо система видає лише червону позначку, перевірити рекомендацію неможливо.

Якість ІСППР залежить від даних, моделі й умов застосування. Зміна обладнання або режиму роботи може зробити стару модель неточною. Тому розробники контролюють версії, перевіряють результати після оновлення й визначають порядок дій у разі недоступності системи.

Приклади фізіологічних підходів, які застосовують у нейроергономічних дослідженнях, наведено на рис. 10.2 [20].

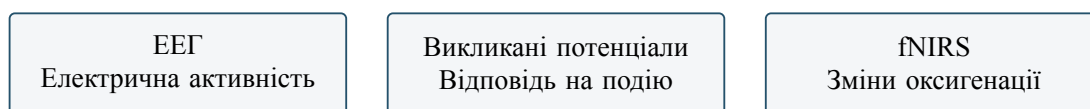


Рисунок 10.2 – Приклади фізіологічних підходів у нейроергономіці. Авторська навчальна схема за [20].

10.3 Контроль стану людини-виконавця

Моніторинг стану потрібний лише тоді, коли вимірювання пов'язане з визначеною робочою дією. Сам пульс не показує, чи здатен оператор продовжувати роботу: він змінюється через рух, температуру, емоції та інші причини.

Стан оцінюють за кількома джерелами. ЕЕГ реєструє електричну активність мозку, ЕКГ — роботу серця, окулографія — рухи очей, а опитувальник додає суб'єктивну оцінку втоми. Дані зіставляють із часом реакції, помилками та умовами завдання.

Розглянемо водія, який почав довше утримувати погляд на одному об'єкті й пропускати повідомлення. Така комбінація може вказувати на втому, але система повинна врахувати дорожню ситуацію та якість сигналу. Реакцією може бути рекомендація зупинки або передавання керування, а не медичний діагноз.

Перехід від виміряного сигналу до висновку потребує кількох етапів перевірки (рис. 10.3) [20].

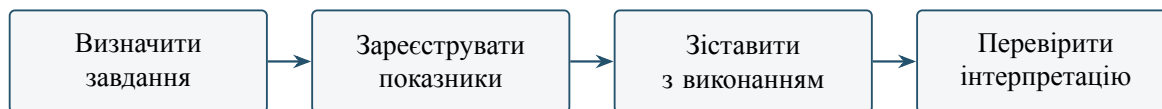


Рисунок 10.3 – Від вимірювання до обережної інтерпретації стану. Авторська навчальна схема за [20].

10.4 Обмеження моніторингу та організаційна відповідь

Моніторинг стану має практичний сенс тоді, коли після виявлення труднощів передбачено відповідні дії. Сигнал про перевантаження не усуває його самостійно. Потрібно визначити, хто отримує інформацію, як уточнюються обставини та які зміни можливі в роботі. Це може бути перерозподіл завдань, залучення допомоги або перегляд інформаційного потоку. Конкретний порядок залежить від характеру діяльності.

Окреме вимірювання, не слід трактувати як повний опис стану людини. На результат можуть впливати рух, особливості завдання та умови вимірювання. Для навчального аналізу потрібно зіставляти різні джерела й відокремлюва-

ти спостереження від припущення. Медичний висновок не є завданням звичайного виробничого спостерігача. Робоча система повинна підтримувати своєчасне звернення до компетентного фахівця, а не підміняти його оцінку автоматичним ярликом.

Потрібно також обговорювати призначення даних із працівниками. Якщо повідомлення про втому сприймається лише як підстава для покарання, люди можуть приховувати труднощі. Тоді формально впроваджений контроль погіршує доступність значущої інформації. Організаційна відповідь має бути зрозумілою, пропорційною та спрямованою на зменшення ризику.

10.5 Практичний приклад: підтримка рішення диспетчера

Система пропонує диспетчеру змінити порядок обслуговування заявок. На екрані показано рекомендований варіант, але не зазначено, які відомості використано. Диспетчер знає про тимчасове обмеження, що ще не внесене до бази. Якщо інтерфейс дозволяє лише прийняти рекомендацію, він не підтримує повноцінну взаємодію. Людина має отримати можливість врахувати додаткову обставину та зрозуміти межі автоматичного розрахунку.

Під час навчального розбору слід визначити дані, необхідні для перевірки: час оновлення, перелік обмежень і причину зміни пріоритету. Далі розглядають, що станеться після відхилення рекомендації. Система не повинна втрачати внесені пояснення або приховувати попередній стан. Зворотний зв'язок потрібний як для поточного рішення, так і для наступного вдосконалення алгоритму.

Оцінювати таку підтримку варто на кількох сценаріях. В одному дані повні, в іншому є затримка оновлення, у третьому виникає суперечність між джерелами. Перевіряється, чи оператор розрізняє ці ситуації та чи може обґрунтувати вибір. Головний результат ергономічної технології — не максимальна кількість прийнятих автоматичних порад, а належна якість рішень у визначених умовах [17].

10.6 Висновки для професійної підготовки

Добір, навчання, моніторинг і підтримка рішень виконують різні функції. Добір співвідносить вимоги діяльності з можливостями кандидата; навчання розвиває потрібні способи дії; моніторинг допомагає помітити зміни; інформаційна підтримка полегшує аналіз ситуації. Жоден із цих засобів не замінює належного проектування роботи. Для самоперевірки слід пояснити, чому точний сигнал без доступної організаційної відповіді недостатній, і запропонувати спосіб перевірки автоматичної рекомендації.

Основні поняття

- **Ергономічна технологія** — комплекс методів і засобів, що узгоджують вимоги роботи з можливостями людини.
- **Інформаційно-динамічний підхід** — розгляд функціонального стану через приймання, перетворення та передавання інформації в часі.
- **Психофізіологічний відбір** — оцінювання відповідності можливостей кандидата обґрунтованим вимогам професійної діяльності.
- **Моніторинг стану** — періодичне або безперервне відстеження показників для виявлення значущих змін.
- **Підтримка рішень** — надання операторові даних, пояснень і варіантів без приховування меж автоматизованої рекомендації.

Контрольні запитання

1. Які завдання вирішують ергономічні технології управління людським чинником?
2. Як інформаційно-динамічний підхід пояснює зміну працездатності?
3. Яким вимогам має відповідати валідний і етичний професійний відбір?
4. Чому сигнал моніторингу без визначеної організаційної відповіді є недо-

статнім?

5. Як перевіряти автоматизовану рекомендацію за неповних або суперечливих даних?

РОЗДІЛ 11

Системні методи підвищення надійності людино-машинних систем

Людино-машинна система поєднує оператора, технічні засоби, процедури, інформацію та робоче середовище. Її надійність залежить від узгодження цих складників. Справна автоматика не виправить ситуацію, якщо дисплей приховує активний режим; досвідчений оператор теж може помилитися, коли процедура суперечить фактичній конфігурації обладнання.

Інтерфейс має показувати стан системи, доступні дії та наслідки команди. Перед зміною маршруту диспетчер повинен бачити номер рейсу, причину зміни й час оновлення даних. Однієї кнопки «Підтвердити» замало. Потрібна інформація для перевірки.

Технічну надійність підтримують резервування, моніторинг стану та прогнозування відмов. Резерв захищає лише тоді, коли не залежить від того самого несправного джерела. Два екрани, що отримують дані від одного датчика, не утворюють двох незалежних каналів.

Підготовка операторів охоплює професійний відбір, тренування штатних і аварійних сценаріїв та розбір виконаних вправ. Симулятор корисний, якщо відтворює дефіцит часу, неповні дані й переривання, а не лише правильну послідовність натискань.

Режим праці, ротація завдань і доступ до фахової підтримки впливають на працездатність. Керівник не чекає зриву: він стежить за навантаженням, організовує перерви та створює умови для відкритого повідомлення про втому.

Система підтримки рішень може обробити великий масив даних і запропонувати варіант дії. Рекомендація повинна містити підстави, рівень невизначеності та спосіб перевірки. Остаточне рішення залишається контрольованим

людиною, особливо за неповних або суперечливих даних [2].

11.1 Системні методи підвищення надійності та ефективності в системах «людина–машина»

Системний аналіз починають із конкретної операції. Для авіаційного екіпажу це може бути зміна режиму автопілота, для диспетчера — перенесення заявки, для медичного працівника — підтвердження дози препарату. У кожному випадку описують мету, доступні сигнали, часові обмеження та спосіб перевірки.

Розглянемо зміну режиму автопілота. Пілот вводить нову висоту, але система ще виконує попередню команду. Якщо індикатор режиму малопомітний, екіпаж може очікувати набір висоти, якого автоматика не розпочала. Виразна індикація, голосове підтвердження між членами екіпажу й тренування переходів між автоматичним та ручним керуванням зменшують цей ризик.

На атомній станції оператор працює з багатьма параметрами, тому сигнали впорядковують за пріоритетом і перевіряють на тренажері. У медицині подібну функцію виконують ідентифікація пацієнта, попередження про несумісні препарати та можливість скасувати помилкове введення.

Один захід не закриває всі ризики. Автоматика зменшує навантаження, але може послабити навички ручного керування. Друга перевірка не виявить помилку, якщо обидва працівники користуються тим самим хибним записом. Тому технічні, процедурні й організаційні рішення оцінюють разом [22].

Поєднання слабких місць на кількох рівнях захисту може створити шлях для небезпеки, що ілюструє рис. 11.1 [22].

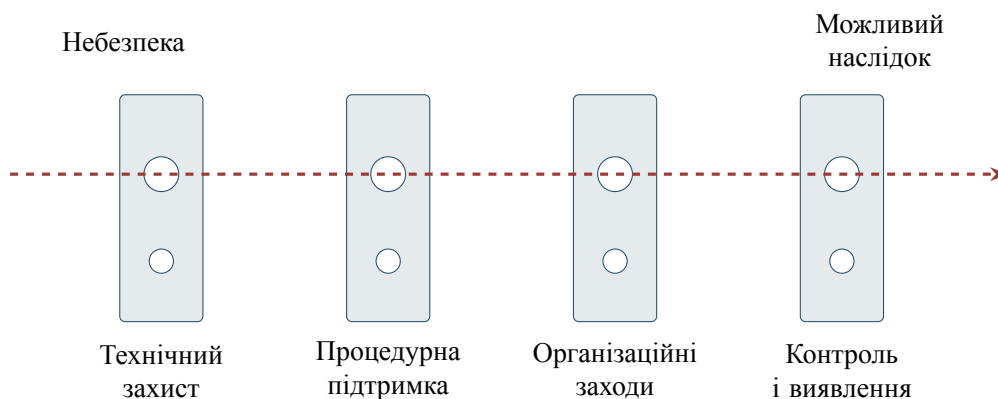


Рисунок 11.1 – Проходження небезпеки за поєднання слабких місць захисту. Авторська навчальна схема за [22].

11.2 Поняття культури безпеки

Культура безпеки охоплює норми й повсякденні дії, за якими організація виявляє, обговорює та усуває небезпеки.

Це не просто набір правил, а скоріше спосіб мислення і дії, який пронизує всі рівні організації. Культура команд колективів впливає на безпекові питання через усвідомлення їх значущості для себе, колег, системи, суспільства. Культура безпеки впливає на попередження аварій, культура безпеки допомагає виявити і усунути потенційні ризики до того, як вони призведуть до інцидентів. Така свідомість кожного забезпечує збереження здоров'я працівників й сприяє створенню безпечного робочого середовища, що зменшує кількість виробничих травм.

Культура безпеки й наслідкові якісні показники операторів сприяють на підвищення ефективності систем. Безпечна організація працює більш ефективно, оскільки відсутні простоя через інциденти. Культура безпеки до навколишнього середовища допомагає мінімізувати негативний вплив на довкілля, а організації з високою культурою безпеки користуються більшою довірою клієнтів і партнерів.

Культура безпеки підвищується в системах в яких на високих рівнях самосвідомості розвинуті питання культури у лідерів таких систем. Лідерів, які власним прикладом мають змогу регулярно демонструвати прихильність до безпеки.

ки і заохочувати безпечну поведінку серед працівників. Культура безпеки вища у системах де кожен працівник відчуває свою відповідальність за безпеку і має можливість брати участь у вирішенні питань безпеки. Така культура розвивається в системах із здоровою комунікацією. Комунікація між операторами всіх рівнів має бути відкрита і ефективна. Комунікація між операторами навчає розумінню, швидкому реагуванню і навчанню в цілому таких операторів. На рівень свідомості впливає й регулярне проведення тренінгів з безпеки для всіх працівників із проведенням систематичних аналізів можливих (наявних в історії) інцидентів з метою виявлення причин і розробки заходів щодо їх попередження.

Культура безпеки формується в кожній системі поступово і вимагає спільних зусиль всіх працівників організації. Значущими факторами є визнання безпеки в якості основного параметру функціонування системи. Керівники таких систем мають демонструвати особистий приклад безпечної поведінки, домінуючої над цілями отримання прибутків. Формування безпекової культури в команді є більш ефективним при залученні всіх працівників до безпекових питань. Працівники повинні відчувати свою причетність до створення безпечного робочого середовища, вони мають бути впевнені що їх почують і відреагують із розумінням цінності безпекових питань. Особливо корисно введення заохочення безпечної поведінки і покарання за порушення правил безпеки.

Приклади проявів культури безпеки: Активне обговорення питань безпеки на зборах. Регулярні перевірки робочих місць на предмет безпеки. Наявність системи збору і аналізу пропозицій щодо покращення безпеки. Відсутність страху висловити свою думку про потенційну небезпеку. Високий рівень довіри між працівниками і керівництвом. Культура безпеки – це не мета, а постійний процес. Для її успішного формування необхідна активна участь всіх працівників організації.

Системна безпека підтримується керуванням і зворотним зв'язком між рі-

зними рівнями організації (рис. 11.2) [21].



Рисунок 11.2 – Рівні керування та зворотний зв'язок у системній безпеці. Авторська навчальна схема за [21].

11.3 Стандартизація

Стандартизація – це процес встановлення правил, документування та застосування таких правил з метою упорядкування діяльності в певній сфері. Вона спрямована на досягнення оптимальної економічної ефективності за умови забезпечення безпеки та якості продукції, послуг або процесів.

Стандарти якості – це конкретні вимоги, які встановлюються до продукції, послуг або процесів і відображають рівень їх відповідності певним критеріям. Вони є інструментом для забезпечення одноманітності, порівнянності та сумісності продукції та послуг.

Стандарти якості встановлюють для забезпечення якості, стандарти встановлюють чіткі критерії певної якості, що дозволяє виробникам і постачальникам гарантувати, що їх продукція або послуги відповідають очікуванням споживачів. Використання стандартів допомагає компаніям довести якість своєї продукції і послуг, що підвищує їх конкурентоспроможність на світовому ринку. Загальноприйняті стандарти сприяють розвитку міжнародної торгівлі, оскільки забезпечують взаєморозуміння між виробниками і споживачами з різних країн. Стандарти встановлюють вимоги безпеки, що захищають споживачів від неякі-

сної продукції. Це дозволяє оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати на контроль якості і підвищити ефективність. Багато стандартів містять вимоги до екологічності продукції і процесів.

Види стандартів поділено на чотири напрями відповідно до охоплення територіального впливу таких стандартів. Такими є міжнародні, національні, галузеві й корпоративні стандарти.

Стандарт готують, обговорюють із зацікавленими сторонами, ухвалюють і вводять у практику. На цьому робота не завершується. Потрібно перевірити, чи однаково користувачі розуміють вимогу, чи можна виконати її на наявному обладнанні та чи не суперечить вона іншим документам. Виявлені розбіжності стають підставою для перегляду.

Стандарт задає спільне значення термінів, вимог і способів перевірки. Його користь підтверджується тоді, коли різні працівники однаково виконують операцію та отримують відтворюваний результат. Формальна наявність документа без перевірки реальної роботи цього не гарантує [23].

11.4 Людський чинник в галузі транспорту

Людський чинник у транспорті – це сукупність психологічних, фізіологічних та соціальних характеристик людей, які беруть участь у транспортному процесі, а також їх вплив на безпеку, ефективність та комфорт перевезень.

Людський чинник значущий у транспорті і як й на багатьох виробництвах, виробництво продукції транспортування супроводжується не гарною статистикою. Під час аналізу транспортних подій необхідно досліджувати дії водіїв, пішоходів і диспетчерів разом зі станом техніки, інфраструктурою та організацією руху. Через що значно зменшується ефективність функціонування транспортних систем. Взаємодія людини з транспортним засобом та інфраструктурою безпосередньо впливає на швидкість, динамічність та економічність руху. Це є й складовими комфорту пасажирів. Комфорт у свою чергу не лише параметр якості від параметрів їздки а й параметр який залежить від поведінки пер-

соналу, якість обслуговування та психологічний клімат в транспорті впливають на комфортність подорожей й ефективність таких їздок.

Зменшення негативного впливу людського чинника в системах транспорту складна проблема сучасної науки й практики. Для зменшення людського фактору – причини аварій здійснюється планова підготовка кадрів, проведення регулярних тренінгів для водіїв, диспетчерів та інших учасників транспортного процесу. Науковцями, конструкторами – розробниками досліджується кожен новий засіб транспорту з ергономічних сторін його відповідності вимогам для створення комфортних умов для водіїв та пасажирів, що знижує втому та підвищує концентрацію. Всі моделі засобів транспорту на етапі проєктування враховують необхідність впровадження систем активної та пасивної безпеки в транспортних засобах. Держава через засоби масової інформації та органи управління безпекою руху на виробництвах проводять інформаційні кампанії. Проведення таких інформаційних кампаній здійснюється з метою підвищення обізнаності учасників дорожнього руху про правила безпеки й оновлення таких правил. Зменшення негативного впливу людського чинника в системах транспорту здійснюється й через використання систем автоматичного керування для зменшення впливу людського фактора на безпеку руху.

Людський чинник є одним з найзначущіших факторів, що впливають на безпеку та ефективність транспортних систем. Для зменшення негативного впливу людського фактора необхідно вживати комплекс заходів, спрямованих на підвищення професійної підготовки персоналу, поліпшення умов праці та створення безпечного транспортного середовища.

11.5 Ергономічне забезпечення та зворотний зв'язок протягом життєвого циклу авіаційної техніки

Ергономіка в авіації – це наука про пристосування технічних систем до фізичних і психологічних особливостей людини. Вона спрямована на створення таких умов роботи, які б забезпечували максимальну ефективність, безпеку та

комфорт для льотного складу.

Принципи ергономіки в авіації це вивчення розмірів і пропорцій людського тіла для створення робочих місць, що відповідають фізичним характеристикам пілотів й функцій організму людини для оцінки фізичних навантажень на пілотів при одночасному вивченні психологічних процесів, що відбуваються під час польоту, для оптимізації взаємодії пілота з технікою.

В авіації ергономічний аналіз перевіряє оглядовість, досяжність органів керування, читаність індикаторів і розподіл уваги екіпажу. Рішення випробовують на макеті та в тренажері, а зауваження пілотів і техніків повертають розробникам.

Ергатична система – це система, де людина і техніка взаємодіють у процесі досягнення спільної мети. Повітряне судно є яскравим прикладом такої системи, де пілот (або екіпаж) взаємодіє з безліччю технічних пристроїв для управління літаком і виконання польотного завдання.

Повітряне судно є складною ергатичною системою, де взаємодія пілота і техніки має вирішальне значення для безпеки польотів. Завдання ергономіки полягає в оптимізації цієї взаємодії, забезпеченні комфорту і безпеки пілотів, а також підвищенні ефективності літальних апаратів.

Кілька перевірок не завжди утворюють кілька незалежних перешкод для помилки. Якщо двоє працівників користуються одним застарілим документом, вони можуть підтвердити однакове неправильне рішення. Якщо резервний засіб залежить від того самого джерела даних, він не усуває помилку цього джерела. Тому системний аналіз має встановлювати не лише наявність захисту, а й умови, за яких різні заходи можуть одночасно втратити дієвість.

У навчальному прикладі технік перевіряє номер вузла за електронною карткою, а контролер звіряє його з роздрукованою тією самою карткою. Формально перевірку виконано двічі. Проте початкову помилку запису такий порядок не виявляє. Слід з'ясувати, чи існує інше надійне джерело ідентифікації та чи

справді друга перевірка додає нову інформацію. Питання незалежності потрібно розв'язувати до впровадження процедури [17].

Події та повідомлення працівників мають запускати повний цикл організаційного навчання: аналіз, зміну, перевірку результату і подальший моніторинг (рис. 11.3).

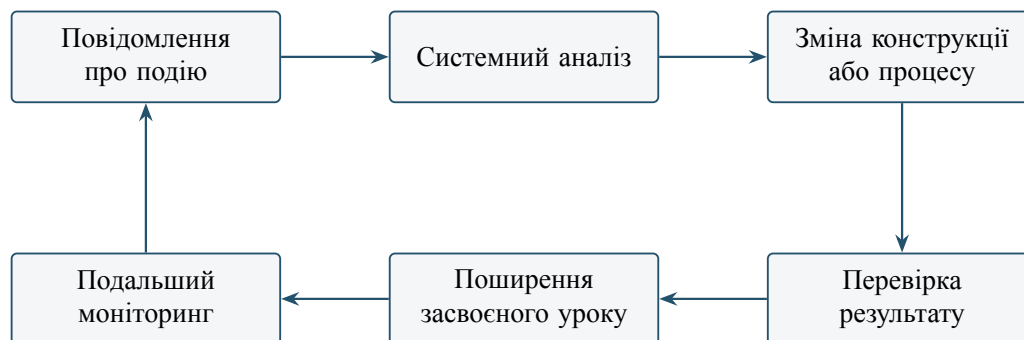


Рисунок 11.3 – Цикл організаційного навчання на подіях безпеки. Авторська навчальна схема за [21].

11.6 Культура безпеки в повсякденних рішеннях

Культура безпеки проявляється в невеликих повторюваних рішеннях. Працівник повідомляє, що інструкція не відповідає новій версії обладнання. Якщо повідомлення реєструють, аналізують і повертають відповідь, організація показує значущість зворотного зв'язку. Якщо проблема залишається без реакції, люди поступово переходять до неформальних способів роботи. Саме такі повсякденні практики визначають, наскільки письмові правила відповідають реальності.

Керівництву потрібно розрізняти кількість повідомлень і кількість небезпечних подій. Зростання повідомлень після запровадження відкритого обговорення може означати кращу видимість давніх проблем. Воно не повинно автоматично оцінюватися як погіршення роботи підрозділу. Потрібно досліджувати зміст, повторюваність причин і виконання заходів, а не лише підсумкове число.

Ергономічне забезпечення не завершується після введення техніки в експлуатацію. На етапі обслуговування можуть виявитися труднощі доступу, ідентифікації або перевірки стану, яких не помітили під час проєктування. Потрібно

передавати такі відомості розробникам і відповідальним за процедури. Інакше кожна наступна група змушена повторно пристосовуватися до однакового недоліку.

Розглянемо заміну деталі в обмеженому просторі. У кресленні операція виглядає простою, але на реальному обладнанні маркування перекривається сусіднім елементом. Працівник може орієнтуватися на досвід замість перевірки номера. Системне рішення потребує оцінювання доступу, розташування позначення й можливості підтвердити правильність після складання. Додатковий інструктаж має супроводжувати, а не підміняти конструктивне поліпшення.

Підсумкове питання полягає в тому, як організація навчається на власному досвіді. Потрібно встановлювати відповідального за кожен захід, строк перевірки та ознаки досягнення результату. Для самоперевірки варто описати приклад залежних перевірок, пояснити різницю між формальною процедурою й реальною практикою та визначити шлях передавання експлуатаційного зауваження до етапу проєктування.

Основні поняття

- **Системний підхід** — розгляд безпеки як результату взаємодії людей, техніки, процедур, середовища та управління.
- **Культура безпеки** — спільні цінності, норми і практики, що визначають спосіб виявлення, обговорення та усунення небезпек.
- **Стандартизація** — установлення узгоджених вимог, термінів і процедур для повторюваної та перевірюваної діяльності.
- **Ергономічне забезпечення** — врахування людських можливостей і досвіду на всіх етапах життєвого циклу техніки.
- **Організаційне навчання** — перетворення даних про події та експлуатаційний досвід на перевірювані зміни системи.

Контрольні запитання

1. Чим системні методи підвищення надійності відрізняються від закликів до особистої уважності?
2. Які ознаки свідчать про зрілу культуру безпеки?
3. Як відрізнити формальне дотримання процедури від фактично безпечної практики?
4. Як експлуатаційний зворотний зв'язок має повертатися до проєктування техніки?
5. Які ознаки показують, що коригувальний захід справді дав очікуваний результат?

РОЗДІЛ 12

Управління людським чинником на виробництві транспортних систем

У виробництві транспортних систем людський чинник охоплює можливості, обмеження та поведінку людей, які проєктують, виготовляють, експлуатують і ремонтують техніку. Роботу починають не з вимоги «бути уважним», а з аналізу операції, навантаження, доступної інформації та способу перевірки результату.

Розглянемо складання гальмівного вузла. Працівник має розрізнити схожі деталі, дотриматися послідовності й підтвердити момент затягування. На результат впливають маркування, освітлення, інструмент, темп лінії та зміст інструкції. Помилку тут не можна пояснити лише кваліфікацією виконавця.

Професійний відбір і медичні огляди визначають придатність до певної роботи. Навчання формує потрібні дії, а тренування нештатних ситуацій показує, чи здатна людина застосувати їх за дефіциту часу. Після навчання перевіряють виконання операції на робочому місці. Якщо процедура суперечить обладнанню, змінюють процедуру або конструкцію.

Мотивація залежить від зрозумілих вимог, справедливого оцінювання та можливості повідомляти про недоліки. Ергономічні зміни скорочують зайві рухи й ризик переплутати елементи. Засоби індивідуального захисту доповнюють ці заходи, але не замінюють усунення небезпеки в технологічному процесі.

Тренажери доповненої та віртуальної реальності допомагають без ризику відпрацювати рідкісні операції. Моніторинг фізіологічних показників може виявляти ознаки втоми, проте працівник має знати мету збору даних і порядок реагування. Інакше контроль сприйматиметься як покарання.

Результат оцінюють за змінами в роботі: частотою помилок, повторювані-

стю відхилень, навантаженням персоналу й дієвістю захисних заходів. Ці дані повертають до проєктування, навчання та організації виробництва.

12.1 Людський чинник в управлінні, системній взаємодії та передовому виробництві

Управлінське рішення виникає в певній структурі відповідальності. Працівник отримує дані, повноваження й строк виконання, а керівник визначає пріоритети та спосіб контролю. Навіть точна інформація не допоможе, якщо ніхто не знає, хто має зупинити процес у разі відхилення.

Організаційна культура проявляється не в деклараціях, а в повторюваних діях. Якщо майстер приймає повідомлення про дефект і запускає перевірку, працівники надалі повідомлятимуть про проблеми. Якщо за таке повідомлення карають, відхилення приховуватимуть до появи серйозних наслідків.

Цифровізація змінює розподіл роботи між людиною й технікою. Аналітична система може прогнозувати попит або стан обладнання, але відповідальний фахівець повинен бачити джерела даних і межі прогнозу. Автоматизація рутинної операції також створює нові завдання: контроль режиму, реагування на відмову та відновлення ручного керування.

Уявімо виробничу лінію, на якій робот передає деталь працівникові. Збільшення швидкості робота скорочує цикл, проте залишає людині менше часу для огляду. Інженер порівнює тривалість операції, частоту пропущених дефектів і навантаження працівника. Лише після цього можна оцінити наслідок зміни.

Нові засоби потребують навчання, захисту даних і визначених меж застосування. Постачальник відповідає за технічні характеристики, керівник виробництва — за організацію роботи, а оператор — за дії в межах наданої інформації. Такий розподіл потрібно зафіксувати до запуску системи [23].

Безперервне вдосконалення системи управління доцільно будувати як повторюваний цикл планування, виконання, перевірки та коригування (рис. 12.1) [23].

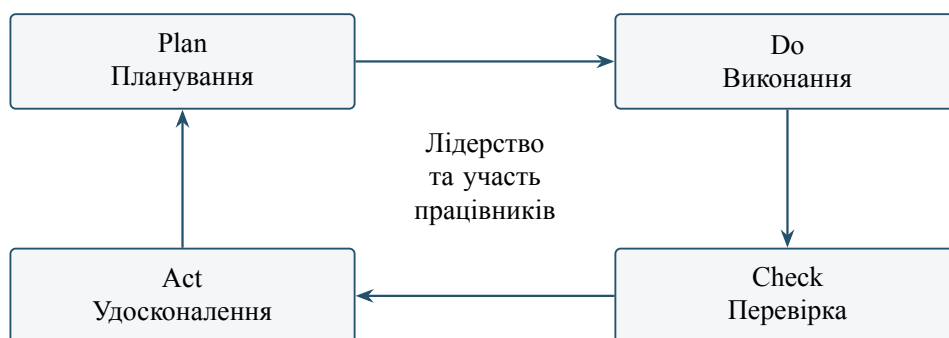


Рисунок 12.1 – Цикл PDCA у системі управління охороною праці. Авторська навчальна схема за [23].

12.2 Підвищення ефективності: рока-уоке, відмовостійкий дизайн і системне розуміння помилок

Рока-уоке — це спосіб не допустити помилкову дію або виявити її до появи наслідків. Найпростіший приклад — роз’єм, який через форму неможливо вставити неправильно. Інше рішення блокує запуск машини з відкритими дверцятами. Тут правильна дія підтримується конструкцією, а не лише пам’яттю працівника.

Захист може запобігати помилці, повідомляти про неї або допомагати відновити попередній стан. Це різні функції. Колірне маркування лише підказує вибір і може бути непомітним за поганого освітлення. Фізична несумісність деталей діє надійніше, бо неправильне з’єднання стає неможливим.

Відмовостійке проектування виходить із того, що людина іноді пропустить сигнал, переплутає елемент або передумає після команди. Тому небезпечну операцію блокують, незворотну дію підтверджують із зазначенням об’єкта, а для звичайної помилки передбачають скасування. Вибір захисту залежить від наслідків і умов роботи.

На виробництві дія людини включена до послідовності інших дій. Працівник отримує завдання, матеріали, відомості про об’єкт і доступ до обладнання. Якщо одна з цих складових не відповідає очікуванню, зростає потреба в уточненні або пристосуванні. Тому аналіз помилки має починатися з питання про те, як було організовано роботу. Остання неправильна дія є значущою, але вона

не завжди є початком небезпечного розвитку.

Уявімо, що на ділянку надійшли дві зовні подібні деталі. Їхні позначення відрізняються одним символом, а супровідний документ містить скорочену назву. Виконавець обирає непридатну деталь. Щоб пояснити ситуацію, потрібно дослідити маркування, порядок зберігання та зміст завдання. Загальне нагадування про уважність не усуває подібності й не робить вибір однозначним.

Заходи можна розташувати вздовж процесу. На етапі постачання уточнюють ідентифікацію, під час зберігання розділяють позиції, у завданні вказують повний номер, а перед установленням забезпечують перевірку сумісності. Такий підхід не заперечує відповідальності виконавця. Він створює умови, за яких правильна дія стає зрозумілою та доступною, а відхилення можна помітити до його наслідків.

Принцип рока-уоке можна реалізувати конструктивною несумісністю неправильного з'єднання, як показано на рис. 12.2 [24].

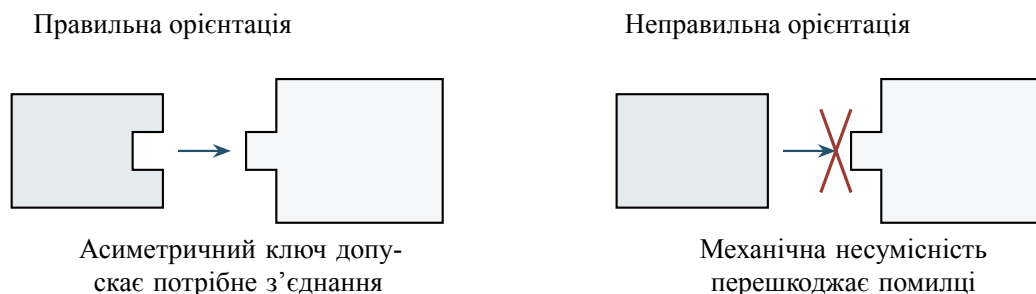


Рисунок 12.2 – Принцип рока-уоке на прикладі асиметричного з'єднання. Авторська навчальна схема за [24].

12.3 Запобігання, виявлення і відновлення: проєктування повідомлень та підтверджень

Метод рока-уоке доцільно розглядати через конкретну функцію захисту. Один пристрій не дозволяє встановити деталь неправильно. Інший тільки повідомляє про неправильне положення. Третій допомагає повернути процес до попереднього стану. Ці рішення можуть доповнюватися, але не є рівнозначними. Під час проєктування потрібно чітко визначити, на якому етапі та яким спосо-

бом кожне з них діє.

Запобігання впливає на можливість виконати помилкову дію. Прикладом є конструктивно несумісне з'єднання. Виявлення робить уже наявне відхилення помітним, наприклад показує невідповідність обраного номера завданню. Відновлення дозволяє виправити результат без неприйнятних втрат: скасувати введення, повернути попередню версію або повторити перевірку. Для незворотних операцій особливо значущі засоби, що спрацьовують до виконання.

Вибір захисту залежить від наслідків і можливості перевірки. Не кожному неточність потрібно блокувати однаково жорстко. Надмірні обмеження можуть заважати законним виняткам і спонукати до обходу. Тому слід передбачити зрозумілий порядок роботи з нестандартною ситуацією: хто може уточнити дані, хто має повноваження прийняти рішення та як зберігається обґрунтування.

Повідомлення про помилку повинно допомагати продовжити роботу. Фраза «операція неможлива» не пояснює, що сталося й що перевірити. Корисне повідомлення називає об'єкт, описує відхилення та вказує доступну наступну дію. Водночас воно не повинно пропонувати небезпечний обхід або створювати хибне враження, що система повністю встановила причину.

Наприклад, під час введення даних про транспортний засіб система знаходить невідповідність номера. Вона може показати введені значення, очікуваний формат і можливість повернутися до запису. Якщо ж причина полягає в застарілому довіднику, повторне введення не допоможе. Тому потрібний канал уточнення, а не нескінченне повторення однакової вимоги.

Підтвердження значущої дії має описувати її наслідок. Запит «Ви впевнені?» не додає інформації, якщо користувач уже помилково розуміє ситуацію. Краще вказати, який запис буде змінено та чи можна скасувати результат. При цьому не варто вимагати підтвердження кожної дрібної операції. Часті однотипні запити можуть перестати сприйматися як привід для перевірки [24].

12.4 Автоматизація та збереження керованості

Автоматизація виробничого процесу переносить частину завдань від безпосереднього виконання до спостереження, налаштування та реагування на відхилення. Працівник може рідше втручатися, але в момент збою від нього очікується розуміння ситуації. Тому потрібно забезпечити видимість режиму, історії змін та меж автоматичного керування. Прихована логіка ускладнює своєчасне й обґрунтоване втручання.

У навчальному прикладі система автоматично розподіляє замовлення між робочими місцями. Оператор бачить результат, але не знає, що одна ділянка виключена через непідтверджений стан. Якщо він вручну повертає її до роботи, не перевіривши причину, початковий захист втрачається. Інтерфейс має показувати не тільки доступність команди, а й обмеження, яке вона змінює.

Підготовка персоналу повинна охоплювати роботу без звичної автоматичної підтримки. Це не означає відмову від технологій. Мета полягає в розумінні того, які дані й перевірки автоматизація зазвичай забезпечує та що потрібно зробити, коли вони недоступні. Порядок переходу до іншого режиму має бути відомим до виникнення збою.

12.5 Впровадження, оцінювання та узгодження виробничих поліпшень

Розроблення заходу починається з точного опису проблеми. Потрібно визначити операцію, очікуваний результат, типове відхилення та умови його появи. Після цього збирають пояснення працівників, спостереження та доступні записи. Якщо різні джерела суперечать одне одному, суперечність зберігають як питання для перевірки, а не усувають довільним вибором зручної версії.

Наступний крок — порівняння альтернатив. Можна змінити маркування, послідовність операцій, засіб контролю або конструкцію. Кожна пропозиція повинна мати пояснений механізм: чому саме вона допоможе виявити чи попередити визначене відхилення. Перевага зовні простого рішення не є очевидною, якщо воно потребує постійних додаткових зусиль або створює нове джерело

плутанини.

Після пробного впровадження перевіряють роботу в нормальному та ускладненому сценаріях. Потрібно залучати не лише автора рішення, а й майбутніх користувачів. Досвідчений розробник може несвідомо компенсувати недоліки власними знаннями. Новий працівник краще показує, які пояснення й позначення справді зрозумілі без додаткових підказок.

Результативність поліпшення оцінюють за зміною роботи, а не за фактом придбання обладнання або видання інструкції. Слід перевірити, чи зменшилися визначені помилки, чи легше їх виявляти та чи не виникла нова незручність. Порівняння повинно враховувати обсяг і складність завдань. Різна кількість відхилень за різного навантаження не дає достатньої підстави для прямого висновку.

Потрібно зберігати пояснення, чому захід було обрано. Через певний час змінюється склад персоналу або версія обладнання, і початковий задум може бути втрачений. Якщо нова команда бачить тільки додатковий крок без його мети, вона може вважати його зайвим. Документування причини допомагає переглядати процедуру обґрунтовано, а не механічно зберігати чи скасовувати її.

Для підсумкового самоконтролю слід описати знайому операцію та окремо запропонувати запобігання помилці, її виявлення й відновлення після неї. Далі потрібно пояснити роль навчання та організаційного зворотного зв'язку. Така робота поєднує головні теми курсу: можливості людини, інформаційне забезпечення, мотивацію, командну взаємодію та системне проєктування надійної діяльності.

Перед упровадженням нового обладнання потрібно визначити, які звичні дії зміняться. Працівник може переносити попередній спосіб роботи на нову систему, навіть якщо прочитав інструкцію. Особливої уваги потребують схожі елементи з новим призначенням: вони створюють хибне відчуття знайомості. Підготовка має прямо пояснювати відмінності та давати можливість безпечно

відпрацювати їх.

Наприклад, після оновлення програми кнопка, що раніше зберігала чернетку, завершує операцію. Якщо зовнішнє оформлення залишилося подібним, звичний рух може спричинити передчасне завершення. Необхідно перевірити назву, розташування й наслідки команди, а не тільки повідомити про нову функцію. Захисне проєктування враховує історію використання системи та сформовані очікування.

Організаційна зміна також потребує узгодження. Якщо право підтверджувати операцію передано іншому працівникові, потрібно забезпечити передавання інформації й зрозумілий статус очікування. Інакше перший виконавець вважатиме процес завершеним, а другий не знатиме про необхідність дії. Чіткість відповідальності має відображатися у процедурі та засобах взаємодії [19].

Основні поняття

- **Управління людським чинником** — узгоджене проєктування техніки, процесів, підготовки та організаційних умов.
- **Poka-yoke** — засіб запобігання помилці або її негайного виявлення завдяки конструкції чи логіці процесу.
- **Відмовостійкий дизайн** — проєктування, яке попереджає небезпечні дії, робить відхилення помітними та полегшує відновлення.
- **Керованість автоматизації** — збереження для людини зрозумілості режимів, меж автоматики та способів безпечного втручання.
- **Оцінювання поліпшення** — перевірка того, чи зменшилося визначене відхилення і чи не виникли нові ризики.

Контрольні запитання

1. Чому виробничу помилку слід аналізувати разом із маркуванням, зберіганням, завданнями та обладнанням?
2. Чим запобігання помилці відрізняється від її виявлення та відновлення після неї?
3. Яким має бути корисне повідомлення про помилку або підтвердження значущої дії?
4. Які відомості потрібні оператору для керованої взаємодії з автоматизованим процесом?
5. Як спланувати пробне впровадження та оцінити результати виробничого поліпшення?

Список літератури

- [1] International Ergonomics Association. What Is Ergonomics (HFE)? <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/> (дата звернення: 05.09.2026).
- [2] Wilson J. R. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. *Applied Ergonomics*. 2014. Vol. 45, no. 1. P. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.021>.
- [3] Parasuraman R., Sheridan T. B., Wickens C. D. A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics — Part A: Systems and Humans*. 2000. Vol. 30, no. 3. P. 286–297. DOI: <https://doi.org/10.1109/3468.844354>.
- [4] ISO 9241-210:2019. *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. 2nd ed. Geneva: ISO, 2019. <https://www.iso.org/standard/77520.html>.
- [5] Wickens C. D., Helton W. S., Hollands J. G., Banbury S. *Engineering Psychology and Human Performance*. 5th ed. Routledge, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003177616>.
- [6] Hart S. G., Staveland L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Human Mental Workload* / ed. by P. A. Hancock, N. Meshkati. Amsterdam: North-Holland, 1988. P. 139–183. (Advances in Psychology; vol. 52). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9).
- [7] Soto C. J., John O. P. The next Big Five Inventory (BFI-2): Developing and assessing a hierarchical model with 15 facets to enhance bandwidth, fidelity, and

- predictive power. *Journal of Personality and Social Psychology*. 2017. Vol. 113, no. 1. P. 117–143. DOI: <https://doi.org/10.1037/pspp0000096>.
- [8] Bandura A. *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. New York: W. H. Freeman, 1997. ISBN 978-0-7167-2850-4. Сторінка видавця.
- [9] Deci E. L., Ryan R. M. The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*. 2000. Vol. 11, no. 4. P. 227–268. DOI: https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01.
- [10] Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*. 1979. Vol. 47, no. 2. P. 263–292. DOI: <https://doi.org/10.2307/1914185>.
- [11] Reason J. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. ISBN 978-0-521-31419-0. Сторінка видавця.
- [12] Rasmussen J. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1983. Vol. SMC-13, no. 3. P. 257–266. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.1983.6313160>.
- [13] Swain A. D., Guttman H. E. *Handbook of Human-Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications: Final Report*. NUREG/CR-1278; SAND80-0200. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983. DOI: <https://doi.org/10.2172/5752058>.
- [14] Hollnagel E. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. Oxford: Elsevier, 1998. ISBN 978-0-08-042848-2. Сторінка видавця.
- [15] Forester J., Kolaczowski A., Cooper S., Bley D., Lois E. *ATHEANA User's Guide*. NUREG-1880. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission,

2007. <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1880/index>.
- [16] Williams J. C. HEART — A Proposed Method for Achieving High Reliability in Process Operation by Means of Human Factors Engineering Technology. *Safety and Reliability*. 2015. Vol. 35, no. 3. P. 5–25. DOI: <https://doi.org/10.1080/09617353.2015.11691046>.
- [17] Endsley M. R. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*. 1995. Vol. 37, no. 1. P. 32–64. DOI: <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>.
- [18] Norman D. *The Design of Everyday Things*. Revised and expanded ed. New York: Basic Books, 2013. ISBN 978-0-465-05065-9. Сторінка видавця.
- [19] ISO 6385:2016. *Ergonomics principles in the design of work systems*. 3rd ed. Geneva: ISO, 2016. <https://www.iso.org/standard/63785.html>.
- [20] Mehta R. K., Parasuraman R. Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013. Vol. 7. Article 889. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00889>.
- [21] Leveson N. G. *An Introduction to System Safety Engineering*. Cambridge, MA: MIT Press, 2023. ISBN 978-0-262-54688-1. Сторінка видавця.
- [22] Reason J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot: Ashgate, 1997. ISBN 978-1-84014-104-7. Сторінка видавця.
- [23] ISO 45001:2018. *Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. 1st ed. Geneva: ISO, 2018. <https://www.iso.org/standard/63787.html>.
- [24] Shingo S. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke*

System. Productivity Press, 1986. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203733639>.

Навчальне видання

Доля К. В.

Кобріна Н. В.

Доля О. Є.

ІНЖЕНЕРІЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

Навчальний посібник

Редактор Доля К. В.

Видавець

Primedia eLaunch

Boston, USA