

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

В. В. Березуцький

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ У ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ
ПРОФЕСІЙНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ**

Навчальний посібник
для студентів другого рівня навчання,
спеціальності «Цивільна безпека» усіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол 3 від 24.10.2024 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2024

УДК 658. 382.3

Рецензенти:

Филипчук В.Л. - д.т.н., професор кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівно

Нагурський О.А. - д.т.н., професор, завідувач кафедри цивільної безпеки Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів

Березуцький В. В.

Б 48 Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки: навч. посіб. для студентів другого рівня навчання, спеціальності «Цивільна безпека» усіх форм навчання / В. В. Березуцький. – Харків : НТУ «ХПІ», 2024. – 266 с.

ISBN 978-617-05-0520-0

У навчальному посібнику наведено основні теоретичні питання з дисципліни «Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки». Розглядається системний аналіз стосовно організації роботи з охорони праці на підприємстві.

Навчальний посібник рекомендовано студентам, які навчаються на спеціальності 263 – цивільна безпека, за освітньою програмою – охорона праці.

Лл. 60. Табл. 15. Бібліогр. 17

УДК 658. 382.3

ISBN 978-617-05-0520-0

© Березуцький В. В., 2024
© НТУ "ХПІ", 2024

ПЕРЕДМОВА

Питання, які вирішують фахівці з безпеки праці на підприємствах та установах, складні за змістом та важливі за їх значенням. У відділах безпеки праці працює небагато фахівців та на 1000 працівників їх, як правило, не більше 3-4 осіб. Їм необхідно, при прийомі на роботу нових працівників, проводити з ними іструктажі, контролювати дотримання вимог охорони праці на робочих місцях, стежити за своєчасним оформленням нарядів допуску до робіт з підвищеною небезпекою, брати участь у розслідуванні нещасних випадків, контролювати та організовувати медичні огляди тощо. У такому насиченому розпорядку дня, при високої важливості нагальних питань, що стосуються життя та здоров'я працівників, успішно впоратися з усіма завданнями можливо тільки при застосуванні системного підходу, а саме, систематизації роботи спеціаліста на основі системного аналізу у вирішенні завдань професійної та промислової безпеки.

Дисципліна «Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки» складається із двох модулів: перший модуль – теоретичні основи системного

аналізу; другий модуль – аналіз та моделювання. У першому модулі розглядаються такі питання: системний аналіз з організації системи охорони праці на підприємстві; вступ до системного аналізу у професійній безпеці; системні властивості; класифікація систем; принципи та закономірності дослідження та моделювання систем; функціональний опис та моделювання систем; інформаційний опис та моделювання систем. У другому модулі розглядаються: структура системного аналізу (СА); класифікація видів моделювання систем; показники та критерії ефективності функціонування систем; показники та критерії ефективності функціонування систем; теорія ігор та прийняття рішень у СА; людські чинники у системному аналізі; теорія Хаосу та безпека праці на виробництві; використання СА щодо культури безпеки. Основними об'єктами аналізу систем, які обрані для аналізу, є система «Людина-машина-середовище» (ЛМС) та СКОПП – система керування охороною праці на підприємстві.

Вивчення дисципліни відбувається на другому освітньому рівні та розраховане на підготовку магістрів, які навчаються на спеціальності 263 – цивільна безпека, за освітньою програмою – охорона праці.

1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СТОСОВНО ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Основним питанням на яке повинна відповісти дисципліна «Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки» – це де та у якому вигляді можна застосувати системний аналіз в охороні праці (САОП) у теоретичної та практичної діяльності фахівців (додаток 1). Схему алгоритму застосування САОП зображено на рис.1.1. Схема складається з: фахівця з охорони праці, який застосовує САОП на підприємстві; компетентності цього фахівця, яка отримана в результаті фахової освіти та практичної підготовки; нормативно-правової літератури (законодавчі акти та інші правові документи); аналізу отриманного результату щодо застосування САОП на виробництві – отриманий рівень безпеки та надійності системи «Людина – машина – середовище» (ЛМС).

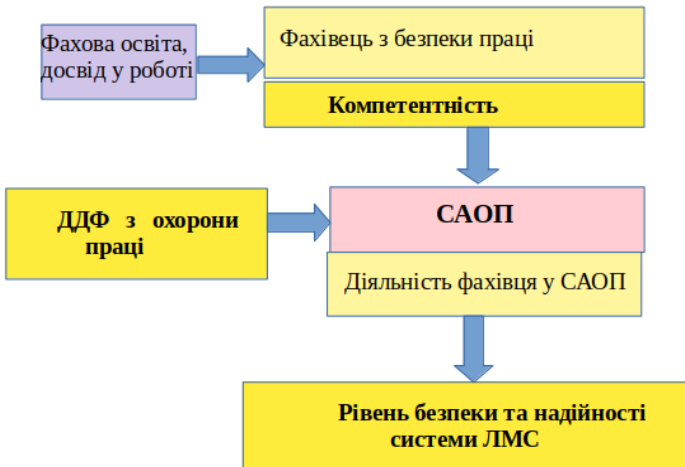


Рисунок 1.1 – Схема алгоритму застосування САОП

1.1. Компетентності у сфері технічної безпеки й вимоги до персоналу

Усі особи, залучені в будь-які дії, пов'язані з повним життєвим циклом безпеки, включаючи дії по управлінню, повинні мати відповідну підготовку (тренінг), технічні знання, досвід і кваліфікацію, відповідні службовим обов'язкам, які вони повинні виконувати.

Підготовка, досвід і кваліфікація всіх осіб, що беруть участь в яких-небудь діях, пов'язаних з повним життєвим циклом безпеки, включаючи управління діями по функціональній безпеці, повинні бути оцінені по відношенню до конкретного застосування.

Підготовка, досвід і кваліфікація всіх осіб, повернутих до будь-яких дій, пов'язаних з повним життєвим циклом безпеки повинні бути документовані.

Таблиця 1.1 – національний класифікатор України класифікатор професій ДК 003:2005 (на заміну ДК 003-95)

КОД КП	ВИПУСК ДКХП	ПРОФЕСІЙНА НАЗВА РОБОТИ
3152	76	Інспектори з безпеки руху, охорони праці та якості Інспектор з охорони праці
1232	1	Начальник відділу охорони праці
2111.2	62	Інспектор з радіаційної безпеки
2149.2	1	Інженер з охорони праці
2412.2	80	Експерт з умов праці
2412.2		Страховий експерт з охорони праці

Враховуючі систему навчання в Україні, за 3 роки 10 місяців навчання, університети підготують фахівців рівня бакалавр, або за класифікатором професій – інспекторів з охорони праці. Далі за 1,4 роки – буде підготовлено магістрів, а саме фахівців (інженерів) з охорони праці, які далі можуть працювати експертами з умов праці або страховими експертами з охорони праці та іншими згідно ДК. На рис.1.2 наведено кар’єрний ріст фахівця з охорони праці.



Рисунок 1.2 – Піраміда професійного росту фахівця з охорони праці

Подальше просування за посадою пов’язано із рівнем компетентності та терміном праці.

За успішністю виконання усіх складових, фахівець може займати провідні посади у спеціалізованих наукових закладах, працювати викладачем та займатись наукою практично у всіх навчальних закладах України, де викладають охорону праці та є відповідні кафедри, працювати на підприємствах на інженерних та керівних посадах, працювати у фондах соціального страхування від

нещасних випадків та професійних захворювань в Україні, працювати в органах державної інспекції та інших.

Таким чином, можливість працевлаштування достатньо широка та доступна кожному, хто має базову вищу освіту із цивільної безпеки, а саме охорони праці.

На скільки зараз необхідно для держави підготовка таких спеціалістів? На рис.1.3 запропоновано загальну структуру підприємства. Виходячи із вимог закону «Про охорону праці», за охорону праці на підприємстві відповідає керівник підприємства (керівник 1 рівня компетентності з охорони праці). Виходячи із посадового рівня та ієрархії, у вирішенні цих питань, керівник покладає відповідальність за вирішення цих питань на своїх заступників, керівників підрозділів та керівника відділу охорони праці, але не знімає з нього повної відповідальності за законами України.

На чому побудовано вирішення питань охорони праці? Насамперед – попередження виникнення ситуацій, які можуть привести до нещасних випадків, погіршення стану здоров'я працівників, аварій та іншому. Вирішення таких питань, є достатньо складною справою та пов'язано із застосуванням теорій надійності, імовірності та інших, дуже серйозних науково обґрунтованих аналітичних підходах. Пов'язано, це також із знаннями психології безпеки на виробництві та ергономікою, які розглядають дуже важливий показник – людський чинник. Усі робочі місця на будь якому виробництві, характеризуються цілою низкою складних взаємопов'язаних шкідливих та небезпечних факторів. Тільки поганий керівник 2 та 3 рівня компетентності із питань охорони праці, який не

відповідає своїй посаді та таким чином ставить під загрозу керівника підприємства 1 рівня, може вважати, що питання охорони праці не мають значення та їм не треба приділяти багато уваги. Але питання вирішення та дотримання вимог охорони праці вже багато років залишаються не вирішальними, про що свідчить статистика. Виникає питання, чому таке має місце та як із цим необхідно боротися?

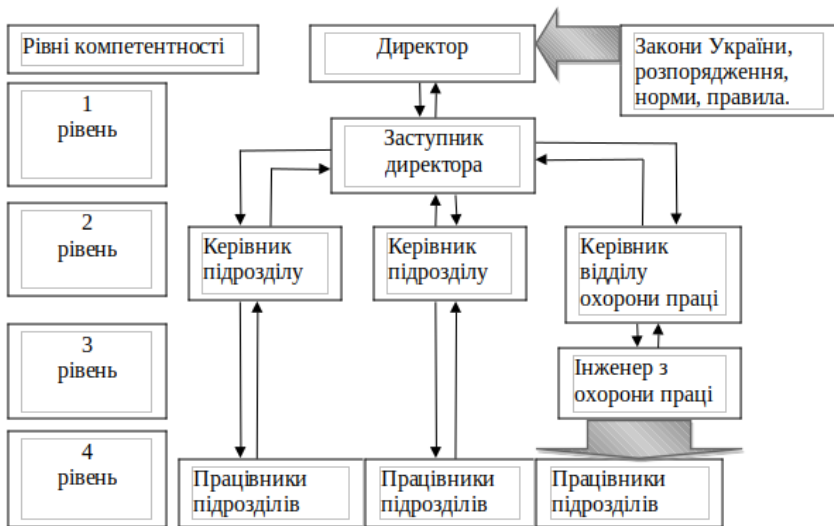


Рисунок 1.3 – Структура підприємства та рівні компетентності

Безпека визначається багатьма складовими, але однією з основних з них є надійність. Надійність машин та агрегатів, надійність працівника, надійність оточуючого середовища.

1.2. Нормативно-правові документи, закони, постанови, накази, розпорядження тощо (допоміжні документи у роботі фахівця – ДДФ з охорони праці)

Перелік основних нормативно-законодавчих актів і документів з охорони праці:

- Закон України «Про охорону праці»;
- Типове положення про службу охорони праці;
- Положення про порядок розслідування нещасних випадків, що сталися під час навчально-виховного процесу в навчальних закладах:
- Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві ;
- Типове положення про навчання з питань охорони праці;
- Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Перелік робіт, де необхідний професійний відбір;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей жінками;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей неповнолітніми;
- Положення про медичний огляд працівників окремих категорій;
- Перелік посад посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
- Порядок розробки і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, чинних на підприємстві;

- Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту;
- Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці ;
- Типове положення про комісію з питань охорони праці;
- Типове положення «Про кабінет охорони праці».

Адміністрації також необхідно користуватися відповідними галузевими та міжгалузевими нормативно-правовими актами з охорони праці згідно з Державним реєстром міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці.

Нормативно-правові акти та проекти наказів з охорони праці, які повинні бути на підприємстві:

Програма (текст) вступного інструктажу з охорони праці та тексти інструктажу на робочих місцях.

Положення про систему управління охороною праці (СУОП), куди необхідно включити такі документи:

➤ Перелік професій працівників, звільнених від проведення первинного, повторного і позапланового інструктажів (за погодженням з державним інспектором з нагляду за охороною праці).

➤ Перелік робіт з підвищеною небезпекою.

➤ Положення про порядок виконання робіт з підвищеною небезпекою.

➤ Перелік професій, виконавці яких мають право на забезпечення ЗІЗ з визначенням конкретних видів засобів для них.

➤ Положення про навчання з питань охорони праці (у закладі освіти відповідно до наказу МОН України № 304 від 18.04.2006 року)

➤ Перелік робіт, для виконання яких необхідний професійний відбір.

➤ Перелік професій працівників, які повинні проходити попередній або періодичні медичні огляди.

➤ Перелік посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню та періодичну перевірку знань з питань охорони праці.

➤ Перелік робіт, на яких забороняється застосування праці жінок.

➤ Перелік робіт, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх.

➤ Перелік інструкцій з охорони праці, які повинні діяти у закладі освіти.

➤ Перелік існуючих професій і посад, працівники яких мають право на отримання молока чи інших рівноцінних харчових продуктів.

➤ Склад постійно діючої комісії з перевірки знань з питань охорони праці.

Накази:

- про затвердження Положення про систему управління охороною праці СУОП;

- про затвердження положення про проведення триступеневого адміністративно-громадського контролю у системі управління охороною праці закладу (установи);

- про затвердження графіка проведення періодичних медоглядів працівників;

- про затвердження комісії з перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб;

- про затвердження членів добровільної протипожежної дружини і пільги для них.

План локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій.

Журнали, які необхідно мати службі охорони праці :

- реєстрації нещасних випадків, що сталися з вихованцями, учнями, студентами, курсантами, слухачами, аспірантами (форма Н-Н);

- реєстрації нещасних випадків, що сталися з працюючими на виробництві (Форма Н-1, Н-Н, НПВ);

- обліку повідомлень про нещасний випадок;

- обліку професійних захворювань (отруєнь);

- обліку об'єктів підвищеної небезпеки;

- реєстрації інструкцій з охорони праці у закладі освіти;

- обліку видачі інструкцій з охорони праці у закладі освіти;

- реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці;

- реєстрації протоколів лабораторних досліджень умов праці (за потреби).

Документи, які повинні зберігатися в службі охорони праці:

- Інструкції з охорони праці (перші примірники).

- Акти реєстрації нещасних випадків, що сталися з вихованцями, учнями, студентами, курсантами, слухачами, аспірантами за формою Н-Н.

- Акти розслідування нещасних випадків, професійних захворювань і аварій з працюючими на виробництві за формами Н-1, Н-Н, НПВ.

- Акти розслідування професійних захворювань за формою П-4.

- Карта обліку професійного захворювання (отруєння).

- Матеріали розслідування нещасних випадків (повідомлення), професійних захворювань (перші примірники).

- Приписи органів державного нагляду, накази та заходи щодо їх виконання.

- Приписи фахівців служби охорони праці.
- План роботи служби охорони праці.
- Протоколи перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб підприємства.
- Протоколи лабораторних досліджень атестації робочих місць за умовами праці.
- Матеріали перевірки стану умов і безпеки праці комісією закладу освіти і затверджені заходи для усунення виявлених порушень.
- Комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці, що передбачені колективним договором.
- Матеріали аудиту охорони праці, у тому числі оцінки технічного стану виробничого обладнання, атестації робочих місць за умовами праці на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці.

Основна нормативно-правова література

- Державний реєстр нормативно-правових актів з охорони праці. Показчик (зі змінами станом на 01.01.2008 р.)
- «Законодавство України про охорону праці».
- Кодекс Законів про працю України.
- Закон України «Про охорону праці».
- Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» .
- Закон України «Про пожежну безпеку»
- Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» (зі змінами, станом на 01.03.07)
- Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»
- Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»
- Закон України «Про дорожній рух»

- Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»
- Закон України «Про автомобільний транспорт»
- Закон України «Про трубопровідний транспорт»
- Закон України «Про транспорт»
- Закон України «Про електроенергетику»
- Закон України «Про залізничний транспорт»
- Збірник «Міжнародне законодавство про охорону праці (конвенції та рекомендації МОП)» у 3-х томах
- Практичний коментар до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»
- Практичний коментар до нової редакції Закону України «Про охорону праці»
- Реєстр міждержавних і державних (національних) стандартів системи безпеки праці. Алфавітний покажчик

Організація роботи фахівця із питань охорони праці повинна починатись з оптимізації усіх зусиль щодо зменшення та мінімізації шкоди та небезпеки на робочому місці! Але, дуже важливим є організація та систематизація цієї роботи, починаючи із свого офісу (відділу охорони праці).

1.3. Безпека та надійність

Надійність виробництва залежить від надійності устаткування, технологій і людини, як ланки складної системи «людина – середовище», а оскільки середовище містить і технічні засоби, які можна назвати одним словом - машини, то отже, і як ланки складної системи «людина –

машина». Систему «ЛМС» більш глибоко розглядає наука ергономіка.

Окрім цього, надійність виробництва характеризується надійністю будівельних конструкцій будівель і споруд, надійністю транспортних засобів і енергетичних систем і т.п.

Останні десятиріччя все більше уваги уділяється людині, зайнятій на виробництві який визначає своєю діяльністю безпеку всього виробництва, у тому числі, і людей, що працюють на ньому.

Надійність будівельних конструкцій, транспортних засобів і енергетичних систем розглядаються в спеціальних курсах за фахом підготовки.

Служба надійності повинна бути тісно пов'язаний зі конструкторською службою. Конструкторська служба на етапі конструювання вирішує наступні задачі: функціональна придатність, надійність, технологічність, своєчасність виконання робіт за договорами, конкурентоспроможність. Чим складніше конструкторське завдання, тим важче забезпечити надійність. Велика робота по забезпеченню надійності потрібна в наступних випадках: при конструюванні будь-якої складної апаратури; при конструюванні апаратури, до якої пред'являються високі вимоги відносно надійності; при необхідності виконання конструкторських робіт в край обмежені терміни. Немає таких конструкторів, які б умисно знижували надійність виробів, що розробляються. Небезпека полягає в недогляді, недоліку спеціальних знань і підході, що самозаспокоюється. Для інженера, що забезпечує надійність конструкторських розробок, важливо розуміння доцільної послідовності і об'єму робіт, виконуваних конструктором після отримання їм завдання.

Аналіз надійності конструкції включає наступні моменти: блок-схему надійності з урахуванням

резервування; оцінку надійності, дані, що містять, за тривалістю роботи конструкції, інтенсивності із носових відмов, характеристики старіння і надійності нестандартних виробів; надійність схемних елементів з урахуванням інтенсивності відмов, аналіз видів відмов; аналіз надійності в процесі виробництва, тобто оцінка того, наскільки потенційну надійність наблизили до фактичної в умовах виробництва, аналіз ремонтпридатності.

При конструюванні необхідно пам'ятати, що підвищення надійності тісно пов'язано із збільшенням вартості устаткування. Тому однією з основних задач також є дотримання балансу забезпечення достатнього ступеня фактичної надійності і вартості конструкції і технології. Вирішити цю задачу можна тільки за наявності в конструкторських групах фахівців по безпеці виробництв, які не повинні підкорятися керівникам проектів, тобто бути незалежними від них. Необхідно відзначити дуже доброго «конструктора», що створив людський організм, який зумів врахувати і виконати резервування важливих органів, «закласти» програму вдосконалення діяльності і розвитку розумових здібностей тощо.

Під надійністю технічних пристроїв розуміється їх здатність безвідмовно виконувати покладені на них функції відповідно до технічних умов протягом певного терміну роботи. Це – якісне визначення. Під технічним пристроєм розуміється будь-яка закінчена конструкція або навіть комплекс конструкцій – машина, механізм, установка, агрегат, апарат і інші, призначений для виконання певних функцій.

Технічні пристрої можна розділити на *дві групи*.

До першої – відносяться агрегати, вузли, прилади, машини, які працюють до першої поломки і відновленню,

ремонту в експлуатації не підлягають. Наприклад, підшипники качення, електронні лампи конденсатори. Другу групу складають ті технічні пристрої, які після виходу їх з ладу ремонтуються, відновлюються і знову включаються в роботу.

Для першої групи технічних пристроїв основною кількісною характеристикою надійності може служити вірогідність безвідмовної роботи в нормальних умовах експлуатації протягом заданого часу роботи. Іноді цю характеристику називають першою мірою надійності технічних пристроїв. Для технічних пристроїв, що відносяться до другої групи, вводиться ще і друга міра надійності – вірогідність того, що у разі виникнення відмови технічний пристрій буде відновлений в перебігу заданого проміжку часу. Очевидно, друга міра надійності є вірогідністю виконання нерівності $T_{\text{рем}} < T_{\text{зад}}$, в якому $T_{\text{рем}}$ – час, фактично що витрачає на відновлення технічного пристрою; $T_{\text{зад}}$ – заданий час ремонту.

Виходячи з теорії вірогідності, можна визначити другу міру надійності маючи закон розподілу часу ремонту технічного пристрою при виникненні даної відмови:

$$P(T_{\text{рем}} < T_{\text{зад}}) = P(T_{\text{зад}}). \quad (1.1)$$

Друга міра надійності зростає із збільшенням $T_{\text{зад}}$, і при виборі достатньо великого значення $T_{\text{зад}}$ може досягти одиниці.

Будь-який технічний пристрій може знаходитися в одному з двох випадкових станів: справному або несправному. Все призначення теорії надійності як науки полягає в тому щоб забезпечити в процесі експлуатації вірогідність першого стану можливо більш близькій до

одиниці, тобто зробити справний стан технічного пристрою достовірною подією.

Несправний стан – подія, протилежна справному. Воно характеризується тим, що технічний пристрій не виконує своїх функцій. Не слід плутати два поняття: «пристрій несправний» і «пристрій не працює». Не можна вважати справним і такий технічний пристрій, який хоча в даний момент правильно виконує всі свої функції, але має якісні відхилення від технічних норм (тріщини механічних елементів теча рідини з гідравлічних систем, недостатня герметичність пневматичних систем, порушення ізоляції електричних елементів тощо). Несправності такого роду, звичайно є передумовою до того пристрій вийде з ладу.

Аналіз безпеки може здійснюватися апріорно або апостеріорна, тобто до або після небажаної події. В обох випадках метод може бути прямим або зворотним.

Апріорний аналіз полягає в наступному. Дослідник вибирає такі небажані події, які є потенційно можливими для даної системи і намагається скласти набір різних ситуацій, які можуть привести до їх появи.

Апостеріорний аналіз виконується після того, як небажані події вже відбулися. *Основна мета такого аналізу – розробка рекомендацій на майбутнє.*

При прямому методі аналізу вивчаються причини, щоб передбачати наслідки, а при зворотному – аналізуються спочатку наслідки, щоб визначити причини. В роботі організацій і установ, вирішальних питання пов'язані з безпекою, повинні бути присутні і прямі і зворотні методи.

Відмови, що викликаються загальними причинами (множинні відмови).

Надійність людини, як джерела небезпеки, грає важливу роль. Численні системи стають

взаємозв'язаними тільки завдяки наявності такої основної ланки, як людина, оскільки людський чинник є багато в чому визначаючим при обліку виходу устаткування з ладу.

Згідно даним приблизно 20-30% відмов прямо або побічно пов'язано з помилками людини (хоча мабуть, що ця цифра значно занижена). Необхідно відзначити, що методи аналізу надійності устаткування і технологічних процесів, можуть бути застосований до аналізу надійності людини якщо умовно прийняти людину за «біотехнічну систему» і не враховувати його психологічні аспекти життєдіяльності. В усякому разі термінологія практично повністю може бути використаний при аналізі надійності.

Надійність роботи людини визначається як вірогідність успішного виконання їм роботи або поставленої задачі на заданому етапі функціонування системи протягом заданого інтервалу часу при певних вимогах до тривалості виконання роботи. Інакше можна сказати, що надійність роботи людини – це ризик невиконання ним завдання з різних причин. Помилка людини визначається як невиконання поставленої задачі (або виконання забороненої дії), яке може з'явитися причиною пошкодження устаткування як майна або порушення нормального ходу планування операцій. Там де працює людина, з'являються помилки. Вони виникають незалежно від рівня підготовки, кваліфікації або досвіду. Тому неможливе прогнозування надійності устаткування без урахування надійності людини.

Залежність частоти появи помилок від діючих навантажень є нелінійною. При дуже низькому рівні навантажень більшість операторів працює неефективно (оскільки завдання здається скучним і не викликає інтересу), і якість роботи далеко від оптимальної. При помірних навантаженнях якість роботи оператора виявляється оптимальною і тому помірне навантаження

можна розглядати як достатня умова забезпечення уважної роботи людини-оператора. При подальшому збільшенні навантажень якість роботи людини починає погіршуватися, що пояснюється головним чином такими видами фізіологічного стресу як страх, турбота тощо. Виходить що при помірному рівні навантажень надійність роботи людини досягає максимального значення.

Характер помилок людини. Помилки з вини людини можуть виникати в тих випадках коли: оператор або яка-небудь особа прагне досягнення помилкової мети; поставлена мета не може бути досягнутий через неправильні дії програми; оператор не діє в той момент, коли його участь необхідна.

Помилки людини можна розподілити по трьох рівнях, і на кожному рівні можливо їх попередження. Наприклад, на рівні (1) можна запобігти помилкам людини, на рівні (2) можна уникнути небажаних наслідків помилок коректуючи неправильне функціонування системи унаслідок помилок, внесених з вини людини, на рівні (3) можна виключити повторне виникнення тих або інших ситуацій, що приводять до помилок людину.

Види помилок, що допускаються людиною :

1. *Помилки проектування:* обумовлені незадовільною якістю проектування. Наприклад, управляючі пристрої і індикатори можуть бути розташовані настільки далеко один від одного що оператор зазнаватиме труднощі при одночасному користуванні ними.

2. *Операторські помилки:* виникають при неправильному виконанні обслуговуючим персоналом встановлених процедур або в тих випадках, коли правильні процедури взагалі не передбачені.

3. *Помилки виготовлення,* мають місце на етапі виробництва унаслідок:

а) незадовільної якості роботи, наприклад неправильної зварки;

б) неправильного вибору матеріалу;

в) виготовлення виробу з відхиленням від конструкторської документації.

4. *Помилки технічного обслуговування*: виникають в процесі експлуатації і звичайно викликані неякісним ремонтом устаткування або неправильним монтажем.

5. *Внесені помилки*: як правило, це помилки, для яких важко встановити причину їх виникнення, тобто визначити, чи виникли вони з вини людини або ж пов'язані з устаткуванням.

6. *Помилки контролю*: пов'язані з помилковим прийманням як годного елемента або пристрою, характеристики якого виходять за межі допусків, або з помилковою відбракуванням годного пристрою або елемента з характеристиками в межах допусків.

7. *Помилки обігу*: виникають унаслідок незадовільного зберігання виробів або їх транспортування, з відхиленнями від рекомендацій виробника.

Завдання фахівця із охорони праці на першому етапі – передбачити можливі помилки, а на другому (зворотному) – з'ясувати причини (помилки), які призвели до аварії або нещасному випадку.

Причини помилок людини.

Серед основних причин помилок людини можна виділити такі, як:

- незадовільна підготовка або низька кваліфікація обслуговуючого персоналу, коли оператори або фахівці по технічному обслуговуванню недостатньо підготовлені до виконання поставленої задачі;

- проходження обслуговуючого персоналу незадовільним процедурам технічного обслуговування або експлуатації;
- погані умови роботи, зв'язані, наприклад, з поганою доступністю устаткування, тісністю робочого приміщення або надмірно високою температурою;
- незадовільне оснащення необхідною апаратурою і інструментам;
- недостатнє стимулювання операторів або фахівців по технічному обслуговуванню, що не дозволяє досягти оптимального рівня якості їх роботи.

Банки даних про помилки людини. Банки даних про помилки людини можна розділити на наступні дві категорії.

Банки експериментальних даних: містять результати лабораторних експериментів і заслуговують більшого довір'я, ніж банки даних іншого типу, оскільки у меншій мірі схильні впливу суб'єктивних оцінок, здатних приводити до помилок.

Банки експлуатаційних даних: є більш реальними, ніж банки експериментальних даних, проте сформувавши такий банк досить важко, оскільки для цього потрібна ретельна реєстрація дій в реальних умовах експлуатації.

Приклад: Система реєстрації і оцінок даних про якість роботи (OPREDS) дозволяє автоматично стежити за всіма діями операторів.

Показники надійності роботи людини – середній час до появи помилки з вини людини. Цей показник аналогічний середньому напрацюванню на відмову в класичній теорії надійності і використовується при рішенні задач в безперервному часі, коли з'являються помилки, подібні недотягуванню літака до посадочної смуги при посадці або перевищенню заданого тиску в паливному баку ракети.

Середній час до появи першої помилки з вини людини – цей показник аналогічний середньому напрацюванню до першої відмови в класичній теорії надійності і використовується в тих випадку, коли поява першої помилки з вини людини грає виключно важливу роль.

Середній час між помилками з вини людини – цей показник аналогічний середньому напрацюванню на відмову, що використовується в класичній теорії надійності і застосовується в тих випадках, коли помилки з вини людини не є дуже серйозними (наприклад, для оцінки частоти появи дефектів деталей на виробничій лінії з вини помилок людини).

Перелік службових обов’язків посадових осіб, що займаються питаннями охорони праці, має достатньо великий об’єм. Тому необхідно на первинному етапі застосовувати усі можливі технічні та теоретичні підходи щодо систематизації цієї праці.

У додатку 1 наведено посадові інструкції щодо посад, які обіймають на виробництві фахівці з охорони праці. Необхідно звернути увагу на необхідність фахових знань та ДДФ.

1.4. Контрольні запитання

Основні нормативно-законодавчі акти і документи з охорони праці

Нормативно-правові акти та проекти наказів з

охорони праці, які повинні бути на підприємстві

Журнали, які необхідно мати службі охорони праці

Документи, які повинні зберігатися в службі

охорони праці

Компетентності у сфері технічної безпеки й вимоги до персоналу

Національний класифікатор України класифікатор професій ДК 003:2005 (на заміну ДК 003-95)
Структура підприємства та рівні компетентності
Безпека та надійність у системі «людина-машина-середовище»
Технічні пристрої можна розділити на дві групи за надійністю
Надійність людини у системі
Види помилок, що допускаються людиною
Завдання фахівця із охорони праці
Банки даних про помилки людини
Виробничі спеціальності за напрямом «охорона праці»

2. ВСТУП ДО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ В ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕЦІ

2.1. Теоретичний курс САУВЗППБ та компетентності

В професійної безпеці є важливим застосування на практиці знань та вміннь, де значну допомогу надає використання системного аналізу та його складових у повсякденної діяльності та у розслідуваннях нещасних випадків, аудиту систем керування безпекою та іншому. У таблиці наведено кількість годин, які виділено кафедрою для опанування основ системного аналізу у напрямку безпеки праці.

Таблиця 2.1 – Кількість навчальних годин, які виділено на вивчення дисципліни САУВЗППБ

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість				Код кафедри
		Кредитів ECTS	Годин	Семестри		
				Екз	Зал	
ПП 2	Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки	4,0	90,0		9	144

Теоретичний курс, який викладається у час, що вказано у таблиці 2.1., формують знання студент з цього напрямку та до переліку дисциплін що складають фахові компетентності майбутнього фахівця з охорони праці. Студент опановує на протязі навчання: основні поняття теорії систем, системні властивості та класифікація систем, принципи та закономірності досліджень та моделювання систем, функціональне описання та моделювання систем, морфологічне (структурне) описання та моделювання систем, інформаційне описання та моделювання систем, основи описання та аналізу систем, структура системного аналізу, класифікація видів моделювання систем, показники і критерії ефективності функціонування систем, теорія гри і прийняття і прийняття рішень, основні поняття теорії множин.

Інтегральна компетентність (ІК) – здатність до системного творчого мислення, наполегливість у досягненні мети професійної та науково-дослідницької діяльності; здатність до пошуку, опрацювання та узагальнення професійної і науково-технічної інформації

Професійні компетентності (ПК) – спроможність управляти роботою та стратегічним розвитком колективу в

процесі здійснення професійної діяльності, а також діяльністю підприємства, організації в режимі надзвичайної ситуації

Студент після завершення навчання повинен знати сучасні методи та інструментальні засоби досліджень та прогнозів виникнення ризиків та можливих джерел надзвичайних ситуацій, у тому числі методи та засоби математичного і геоінформаційного моделювання; розробляти системи управління цивільним захистом, охороною праці, техногенною безпекою підприємств, установ, організацій

2.1. Загальна теорія систем (ЗТС)

Загальна теорія систем (ЗТС) – наукова дисципліна, що вивчає фундаментальні поняття і аспекти систем. Вона вивчає різні явища, відволікаючись від їх конкретної природи і ґрунтуючись лише на формальних взаємозв'язках між різними складовими їх факторами і на характері їх зміни під впливом зовнішніх умов, при цьому результати всіх спостережень пояснюються лише взаємодією їх компонентів, наприклад характером їх організації та функціонування, а не за допомогою безпосереднього звернення до природи залучених в явища механізмів (будь вони фізичними, біологічними, екологічними, соціологічними, або концептуальними).

Для ЗТС об'єктом дослідження є не «фізична реальність», а «система», тобто абстрактна формальна взаємозв'язок між основними ознаками і властивостями. Такі системи властиві у питаннях охорони праці на підприємствах.

При системному підході об'єкт дослідження представляється як система. Саме поняття система може бути відносно до одного з методологічних понять, оскільки розгляд об'єкта досліджується як система або

відмова від такого розгляду залежить від завдання дослідження і самого дослідника.

Існує багато визначень системи.

1. Система є комплекс елементів, що перебуває у взаємодії.
2. Система – це безліч об'єктів разом з відносинами цих об'єктів.
3. Система – безліч елементів знаходяться в стосунках або зв'язках один з одним, що утворює цілісність або органічну єдність (тлумачний словник).

Терміни «ставлення» і «взаємодія» використовуються в найширшому сенсі, включаючи весь набір родинних понять таких як обмеження, структура, організаційний зв'язок, з'єднання, залежність тощо.

Таким чином, система S являє собою впорядковану пару $S = (A, R)$, де A – безліч елементів; R – безліч відносин між A .

Система – це повний, цілісний набір елементів (компонентів), взаємопов'язаних і взаємодіючих між собою так, щоб могла реалізуватися функція системи. Дослідження об'єкта як системи передбачає використання ряду систем уявлень (категорій) серед яких основними є:

1. Структурний подання пов'язано з виділенням елементів системи і зв'язків між ними (роботодавець – працівник, працівник – бригадир – майстер тощо).
2. Функціональні уявлення систем – виділення сукупності функцій (цілеспрямованих дій) системи і її компонентів спрямоване на досягнення певної мети (безаварійна праця, праця без травмувань тощо).
3. Макроскопічне уявлення - розуміння системи як нероздільне цілого, що взаємодіє із зовнішнім середовищем (травма на ділянці – відголос по підприємству, місту та Україні).

4. Мікроскопічна уявлення сформоване на розгляді системи як сукупності взаємопов'язаних елементів. Воно передбачає розкриття структури системи (не виконання операцій, щодо підготовки знаряддя до праці – результат травма або аварія).

5. Ієрархічне представлення засноване на понятті підсистеми, що отримується при розкладанні (декомпозиції) системи, яка має системними властивостями, які слід відрізнити від її елемента – неподільного на більш дрібні частини (з точки зору розв'язуваної задачі). Система може бути представлена на увазі сукупностей підсистем різних рівнів, що становить системну ієрархію, яка замикається знизу тільки елементами.

6. Процесуальне уявлення передбачає розуміння системного об'єкта як динамічного об'єкта, що характеризується послідовністю його станів у часі.

В цьому курсі, як об'єкт аналізу, використовуються системи «ЛМС» та управління охороною праці на підприємстві.

2.3. Основні поняття та терміни ЗТС

Розглянемо визначення інших понять, тісно пов'язаних з системою і її характеристиками.

Об'єктом пізнання є частина реального світу, яка виділяється і сприймається як єдине ціле протягом тривалого часу. Об'єкт може бути матеріальним і абстрактним, природним і штучним. Реально об'єкт володіє нескінченним набором властивостей різної природи. Практично в процесі пізнання взаємодія здійснюється з обмеженим безліччю властивостей, що лежать в межах можливості їх сприйняття і необхідності для мети пізнання. Тому система як образ об'єкта задається на кінцевому безлічі відібраних для спостереження

властивостей. У питаннях охорони праці, як правило, *об'єктом дослідження* є процес утворення небезпечних та шкідливих факторів технологічного процесу або щось аналогічне. А *предметом дослідження* є безпосередньо методологічні та прикладні аспекти попередження травм або захворювань у конкретній галузі або виробництві.

Зовнішнє середовище (рис.2.1). Поняття «система» виникає там і тоді, де і коли ми матеріально або умоглядно проводимо замкнуту межу між необмеженою або деякою обмеженою безліччю елементів. Ті елементи з їх відповідної взаємної обумовленістю, які потрапляють всередину, і утворюють систему.

Ті елементи, які залишилися за межами кордону, утворюють безліч, зване в теорії систем «системним оточенням» або просто «оточенням», або «зовнішнім середовищем».

З цих міркувань випливає, що немислимо розглядати систему без її зовнішнього середовища. Система формує і проявляє свої властивості в процесі взаємодії з оточенням, будучи при цьому провідним компонентом цього впливу.

Залежно від впливу на оточення і характер взаємодії з іншими системами функції систем можна розташувати по зростаючій рангу наступним чином:

- пасивне існування;
- матеріал для інших систем;
- обслуговування систем більш високого порядку;
- протистояння іншим системам (виживання);
- поглинання інших систем (експансія);
- перетворення інших систем і середовищ (активна роль).



Рисунок 2.1 – Система «Людина – машина – середовище».

Будь-яка система може розглядатися, як підсистема відносно до інших систем з якими є спільні зв'язки.

За допомогою зворотного зв'язку сигнал (інформація) з виходу системи (об'єкта управління) передається в орган управління (рис.2.2). Тут цей сигнал, що містить інформації про роботу, виконану об'єктом управління, порівнюється з сигналом, що задає зміст і обсяг роботи (наприклад, план).

У разі виникнення неузгодженості між фактичним і плановим станом роботи вживаються заходи щодо його усунення.

Основними функціями зворотного зв'язку є:

1. Протидія тому, що робить сама система, коли вона виходить за встановлені межі (наприклад, реагування на зниження якості);

2. Компенсація збурень і підтримання стану стійкої рівноваги системи (наприклад, неполадки в роботі устаткування);



Рисунок 2.2 – Приклад системи із зворотнім зв'язком

3. Синтезування зовнішніх і внутрішніх збурень, які прагнуть вивести систему зі стану стійкої рівноваги, зведення цих збурень до відхилень однієї або декількох керованих величин (наприклад, вироблення керуючих команд на появу нового конкурента і зниження якості продукції, що випускається);

4. Вироблення управляючих впливів на об'єкт управління з погано формалізуються закону. Наприклад, встановлення більш високої ціни на енергоносії викликає в діяльності різних організацій складні зміни, змінюють кінцеві результати їх функціонування, вимагають внесення змін у виробничо-господарський процес шляхом впливів, які неможливо описати за допомогою аналітичних виразів.

5. Порушення зворотних зв'язків в соціально-економічних системах з різних причин веде до тяжких наслідків. Окремі локальні системи втрачають здатність до еволюції і тонкому сприйняттю намічених нових тенденцій, перспективного розвитку та науково обгрунтованого прогнозування своєї діяльності на

тривалий період часу, ефективному пристосуванню до постійно мінливих умов зовнішнього середовища.

Особливістю соціально-економічних систем є та обставина, що не завжди вдається чітко висловити зворотні зв'язки, які в них, як правило, довгі, проходять через цілий ряд проміжних ланок, і чіткий їх перегляд ускладнений. Самі керовані величини нерідко не піддаються ясному визначенню, і важко встановити безліч обмежень, що накладаються на параметри керованих величин. Не завжди відомі також дійсні причини виходу керованих змінних за встановлені межі.

Детермінований (жорсткий) зв'язок, як правило, однозначно визначає причину і наслідок, дає чітко обумовлену формулу взаємодії елементів. Імовірнісна (гнучка) зв'язок визначає неявну, непрямую залежність між елементами системи. Теорія ймовірності пропонує математичний апарат для дослідження цих зв'язків, званий «кореляційними залежностями».

Критерії – ознаки, за якими проводиться оцінка відповідності функціонування системи бажаного результату (мети) при заданих обмеженнях.

Ефективність системи – співвідношення між заданим (цільовим) показником результату функціонування системи і фактично реалізованим.

Функціонування будь-якої довільно обраної системи полягає в переробці входних (відомих) параметрів і відомих параметрів впливу навколишнього середовища в значення вихідних (невдомих) параметрів з урахуванням факторів зворотного зв'язку (рис.2.3.).

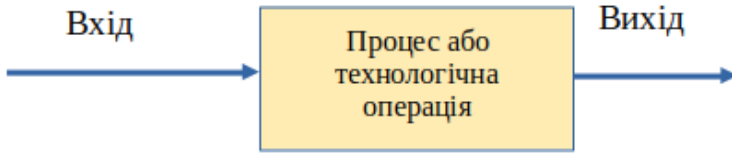


Рисунок 2.3 – Схема функціонування системи

Вхід – все, що змінюється при протіканні процесу (функціонування) системи. *Вихід* – результат кінцевого стану процесу. *Процес* – перетворення входу в вихід. Система здійснює свій зв'язок із середовищем в такий спосіб.

Вхід даної системи є в той же час виходом попередньої, а вихід даної системи - входом наступної. Таким чином, вхід і вихід розташовуються на кордоні системи і виконують одночасно функції входу і виходу попередніх і наступних систем.

Управління системою пов'язано з поняттями прямого і зворотного зв'язку, обмеженнями.

Зворотній зв'язок – призначено для виконання наступних операцій:

- порівняння даних на вході з результатами на виході з виявленням їх якісно-кількісних відмінностей;
- оцінка змісту і характеру відмінності;
- вироблення рішення, яке витікає з відмінності;
- вплив на введення.

Обмеження – забезпечує відповідність між виходом системи та вимогою до нього, як до входу в наступну систему, яка є споживачем. Якщо задана вимога не виконується, обмеження не пропускає його через себе. Обмеження, таким чином, відіграє роль узгодження функціонування даної системи з цілями (потребами)

споживача.

Визначення функціонування системи пов'язане з поняттям «проблемної ситуації», яка виникає, якщо є відмінність між необхідним (бажаним) виходом і існуючим (реальним) виходом.

Проблема – це різниця між існуючою і бажаною системами. Якщо цієї різниці немає, то немає і проблеми.

Вирішити проблему – значить скорегувати стару систему або сконструювати нову, бажану.

Станом системи називається сукупність істотних властивостей, якими система володіє в кожен момент часу.

Наприклад, є система управління охороною праці підприємства, або якогось підрозділу, яка повинна забезпечити на виході 100% показник з безпеки праці та збереження здоров'я працівників, але на Ви, як фахівець відділу охороони праці, отримуєте щорічні звіти, де наведено що є травмування та професійні захворювання працівників. Це означає що проблема є, її масштаб визначається об'ємом травм та захворювань. Тобто, у Вас виникає завдання – *вирішити цю проблему*. Ви повинні вводити обмеження у процес функціонування цієї системи (підрозділа, підприємства тощо).

2.4. Контрольні запитання

Інтегральна компетентність (ІК) фахівця з охорони праці.

Професійні компетентності (ПК) фахівця з охорони праці.

Результати навчання дисципліни САУВЗППБ.

Загальна теорія систем (ЗТС).

Загальна характеристика системи ЛМС.

Основні поняття та терміни ЗТС – об'єкт.

Основні поняття та терміни ЗТС – зовнішнє середовище.
Системи із зворотнім зв'язком.

3. СИСТЕМНІ ВЛАСТИВОСТІ. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ

3.1. Властивості систем

Станом системи називається сукупність істотних властивостей, якими система володіє в кожен момент часу.

Під властивістю розуміють властивості об'єкту, що зумовлюють його відміну від інших об'єктів або схожість з ними і виявляється при взаємодії з іншими об'єктами.

Характеристика – те, що відображає деякі властивості системи.

Відомі властивості систем. З визначення «системи» слід, що головною властивістю системи є цілісність, єдність, яка досягається за допомогою певних взаємозв'язків і взаємодій елементів системи, виникнення нових властивостей, якими елементи системи не володіють. Ця властивість має назву *емерджентності* (від англ. Emerge – виникати, з'являтися).

1. *Емерджентність* – ступінь незвідність властивостей системи до властивостей елементів, з яких вона складається.

2. *Емерджентність* – властивість систем, що обумовлює появу нових властивостей і якостей, притаманних елементам, що входять до складу системи.

3. *Емерджентність* – принцип протилежний *редукціонізму*, який стверджує, що ціле можна вивчати,

розчленував його на частини і потім, визначаючи їх властивості, визначити властивості цілого.

Властивості *емерджентності* близьки до властивості цілої системи. Однак їх не можна ототожнювати.

Цілісність системи означає, що кожен елемент системи вносить вклад в реалізацію *цільової функції* системи.

Цілісність і емерджентність – інтегративні властивості системи.

Наявність інтеграційних властивостей є однією з найважливіших рис системи. *Цілісність* проявляється в тому, що система володіє власною закономірністю функціональності яка націлена на мету.

Організованість – складна властивість систем, які полягають в наявності структури та функціонування (поведінки). Неодмінною приналежністю систем є їх компоненти, саме ті структурні утворення, з яких складається ціле і без чого воно не можливо.

Функціональність – це прояв певних властивостей (функцій) при взаємодії із зовнішнім середовищем. Тут же визначається мета (призначення системи) як бажаний кінцевий результат.

Структурність – це впорядкованість системи, певний набір і розташування елементів зі зв'язками між ними. Між функцією і структурою системи існує взаємозв'язок, як між філософськими категоріями змістом і формою. Зміна змісту (функцій) тягне за собою зміну форми (структури), але і навпаки.

Важливою властивістю системи є наявність поведінки – дії, змін, функціонування і т.п.

Вважається, що ця поведінка системи пов'язана із середовищем (навколишнім), тобто з іншими системами з якими вона входить в контакт або вступає в певні

стосунки. Процес цілеспрямованої зміною у часі стану системи називається поведінкою. На відміну від управління, коли зміна стану системи досягається за рахунок зовнішніх впливів, поведінка реалізується виключно самою системою, виходячи з власних цілей.

Поведінка кожної системи пояснюється структурою систем нижчого порядку, з яких складається дана система, і наявністю ознак рівноваги (гомеостазу). Відповідно до ознак рівноваги система має певний стан, який є для неї найкращим. Тому поведінка систем описується в термінах відновлення цих станів, коли вони порушуються в результаті зміни навколишнього середовища.

Ще однією властивістю є властивість зростання (розвитку). Розвиток можна розглядати як складову частину поведінки (при цьому найважливішим). Одним з первинних, а, отже, основоположних атрибутів системного підходу є неприпустимість розгляду об'єкта поза його розвитку, під яким розуміється необоротне, спрямоване, закономірна зміна матерії і свідомості. В результаті виникає нова якість або стан об'єкта. Ототожнення (може бути і не зовсім точно) термінів «розвиток» і «рух» дозволяє висловитися в такому сенсі, що поза розвитку немислимо існування матерії, в даному випадку – системи. Наївно уявляти собі розвиток, що відбувається стихійно. В неозорому безлічі процесів, що здаються на перший погляд чимось на зразок броунівського (випадкового, хаотичного) руху, при пильній увазі і вивченні спочатку як би виявляються контури тенденцій, а потім і досить стійкі закономірності. Ці закономірності по природі своїй діють об'єктивно, тобто не залежать від того, хочемо ми їх прояви чи ні. *Незнання законів і закономірностей розвитку – це блукання в темряві.*

«Хто не знає, в яку гавань він пливе, для того немає попутного вітру» (Сенека).

Тобто, стосовно поведінки системи керування охороною праці на підприємстві (СКОПП) необхідно прискіпливо відстежувати, ті зміни які відбуваються на виробництві, а саме: зміна технологій, перехід на нову продукцію, зміна політики до підбору кадрів або природні зміни у кадрах та інші.

3.2. Поведінка системи

Поведінка системи визначається характером реакції назовнішнівпливи. Фундаментальною властивістю систем є стійкість, тобто здатність системи протистояти зовнішнім впливи. Від неї залежить тривалість життя системи.

Прості системи мають *пасивні форми стійкості*: міцність, збалансованість, керованість, гомеостаз.

А для складних визначальними є *активні форми*: надійність, живучість і здатність до адаптації.

Якщо перераховані форми стійкості простих систем (крім міцності) стосується їхньої поведінки, то визначальна форма стійкості складних систем носить в основному структурний характер.

Надійність – властивість збереження структури систем, незважаючи на загибель окремих її елементів за допомогою їх заміни або дублювання, а живучість – як активне придушення шкідливих якостей.

Таким чином, *надійність* є більш *пасивною* формою, ніж *живучість*.

Здатність до адаптації – властивість змінювати поведінку або структуру з метою збереження, поліпшення або придбання нових якостей в умовах зміни зовнішнього середовища. Обов'язковою умовою можливості адаптації є наявність зворотних зв'язків.

Будь-яка реальна система існує в середовищі. Зв'язок між ними буває настільки тісним, що визначати

межу між ними стає складно. Тому виділення системи з середовища пов'язано з тим або іншим ступенем ідеалізації.

Можна виділити два аспекти взаємодії:

- у багатьох випадках набуває характеру обміну між системою і середовищем (речовиною, енергією, інформацією);
- серед звичайних є джерелом невизначеності для систем.

Вплив середовища може бути пасивним або активним (антагоністичним, що цілеспрямовано протидіє системі). Тому в загальному випадку середовище слід розглядати не тільки як пасивне, а й антагоністичне по відношенню до досліджуваної системи.

3.3. Класифікація систем

Класифікацією називається розбиття на класи за найбільш суттєвими ознаками. Під класом розуміється сукупність об'єктів, що володіють деякими ознаками спільності. Ознака (або сукупність ознак) є підставою (критерієм) класифікації.

Систему можна охарактеризувати одним або декількома ознаками і відповідно їй може бути знайдено місце в різних класифікаціях, кожна з яких може бути корисною при виборі методології дослідження. Зазвичай мета класифікації обмежує вибір підходів до відображення систем, виробляє мову опису, відповідно до класу.

За змістом розрізняють реальні (матеріальні), об'єктивно існуючі, і абстрактні (концептуальні, ідеальні), що є продуктом мислення (рис.3.1).

Реальні системи діляться на природні (природні системи) і штучні (антропогенні).

Природні системи: системи неживої (фізичні, хімічні) і живої (біологічні) природи.

Штучні системи: створюються людством для своїх потреб або утворюються в результаті цілеспрямованих зусиль.

Штучні поділяються на *технічні* (техніко-економічні) і *соціальні* (громадські).

Організаційна система, для ефективного функціонування якої істотним фактором є спосіб організації взаємодії людей з технічної підсистемою, називається *людино-машинною системою*.

Приклади людино-машинних систем: автомобіль – водій; літак – льотчик; ЕОМ – користувач тощо.

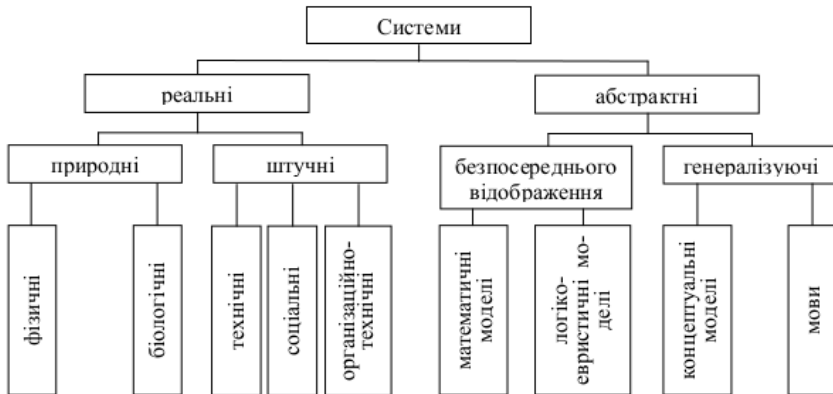


Рис.3.1 – Класифікація систем

Технічна система спроектована і виготовлена людиною в певних цілях.

До соціальних систем відносяться різні системи людського суспільства.

Виділення систем, що складаються з одних тільки технічних пристроїв майже завжди умовно, оскільки вони не здатні виробляти свій стан. Ці системи виступають як

частини більших, що включають людей – організаційно-технічних систем.

Таким чином, *під технічними системами* розуміють єдину конструктивну сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих об'єктів, призначену для цілеспрямованих дій з метою досягнення у процесі функціонування заданого результату.

Таблиця 3.1 – Загальна класифікація систем

Підстава (критерій) класифікації	Класи систем
По взаємодії із зовнішнім середовищем	Відкриті Закриті Комбіновані
За структурою	Прості Складні Великі
За характером функцій	Спеціалізовані Багатофункціональні (універсальні)
За характером розвитку	Стабільні Такі, що розвиваються

За ступенем організованості	Добре організовані Погано організовані (дифузні)
За складністю поведінки	Автоматичні Вирішальні Такі, що само організуються Передбачуючи Перетворюються
За характером зв'язку між елементами	Детерміновані Стохастичні
За характером структури керування	Централізовані Децентралізовані
За призначенням	Виробляючи Керуючи Обслуговуючи

Відмінними ознаками технічних систем в порівнянні з довільною сукупністю об'єктів або в

порівнянні з окремими елементами є конструктивність (як практично здійснюються відносини між елементами), орієнтованість і взаємопов'язаність складових елементів і цілеспрямованість.

Для того щоб система була стійкою до впливу зовнішніх впливів, вона повинна мати стійку структуру. Вибір структури практично визначає технічний вигляд як всієї системи, так її підсистем, і елементів. Питання про доцільність застосування тієї чи іншої структури має вирішуватися виходячи з конкретного призначення системи. Від структури залежить також здатність системи до перерозподілу функцій у разі повного або часткового відходу окремих елементів, а, отже, надійність і живучість системи при заданих характеристиках її елементів.

Абстрактні системи є результатом відображення дійсності (реальних систем) в мозку людини. Їх настрій – необхідний ступінь забезпечення ефективної взаємодії людини з навколишнім світом.

Абстрактні (ідеальні) системи об'єктивні за джерелом походження, оскільки їх першоджерелом є об'єктивно існуюча дійсність.

Абстрактні системи поділяють на системи *безпосереднього відображення* (відображають певні аспекти реальних систем) і системи *генералізуючого* (узагальнюючого) відображення.

До перших відносяться математичні та евристичні моделі, а до других – концептуальні системи (теорії методологічного побудови) і мови.

На основі поняття зовнішнього середовища системи поділяються на: *відкриті*, *закриті* (замкнуті, ізолювані) і *комбіновані*.

Розподіл систем на відкриті і закриті пов'язано з їх характерними ознаками: *можливість збереження властивостей при наявності зовнішніх впливів*. Якщо

система нечутлива до зовнішніх впливів її можна вважати закритою. В іншому випадку – відкритою.

Відкритої називається система, яка взаємодіє з навколишнім середовищем. Всі реальні системи є відкритими. Відкрита система є частиною більш загальної системи або кількох систем. Якщо відокремити з цього утворення власне розглянуту систему, то решта – його середовище.

Відкрита система пов'язана з середовищем певними комунікаціями, тобто мережею зовнішніх зв'язків системи. Виділення зовнішніх зв'язків та опис механізмів взаємодії «система-середовище» є центральним завданням теорії відкритих систем. Розгляд відкритих систем дозволяє розширити поняття структури системи. Для відкритих систем воно включає не тільки внутрішні зв'язки між елементами, а й зовнішні зв'язки із середовищем.

При описі структури зовнішні комунікаційні канали намагаються розділити на *вхідні* (за якими середовище впливає на систему) і *вихідні* (навпаки, система впливає на середовище)). Сукупність елементів цих каналів, що належать власній системі називаються вхідними та вихідними полюсами системи. У *відкритих системах*, по крайній мірі, один елемент має зв'язок із зовнішнім середовищем, щонайменше, є один вхідний полюс і один вихідний, якими вона пов'язана з зовнішнім середовищем.

Для кожної системи зв'язки з усіма підпорядкованими їй підсистемами і між останнім, є внутрішніми, а все решта – зовнішніми. Зв'язки між системами і зовнішнім середовищем також, як і між елементами системи, носять, як правило, спрямований характер.

Важливо підкреслити, що в будь-якій реальній системі в силу законів діалектики про загальний зв'язок явищ число всіх взаємозв'язків величезне, так що

врахувати і дослідити абсолютно всі зв'язки неможливо, тому їх число штучно обмежують. Разом з тим, враховувати всі можливі зв'язки недоцільно, так як серед них є багато несуттєвих, які практично не впливають на функціонування системи і кількість отриманих рішень (з точки зору вирішальних завдань). Якщо зміна характеристик зв'язку, її виключення (повний розрив) призводять до значного погіршення роботи системи, зниження ефективності, то такий зв'язок – *істотний*. Одним з найважливіших завдань дослідника – виділити суттєві для розгляду системи в умовах розв'язуваної задачі зв'язки і відокремити їх від несуттєвих. У зв'язку з тим, що вхідні і вихідні полюси системи не завжди вдається чітко виділити, доводиться вдаватися до певної ідеалізації дій. Найбільша ідеалізація має місце при розгляді закритої системи.

Закритою називається система, яка не взаємодіє з середовищем або взаємодіє з середовищем тільки певним чином. У першому випадку передбачається, що система не має вхідних полюсів, а в другому, що вхідні полюси є, але вплив середовища носить постійний характер і повністю (заздалегідь) відомо. Очевидно, що при останньому припущенні зазначені дії можуть бути віднесені власне до системи, і її можна розглядати, як закриту. Для закритої системи, будь-який її елемент має зв'язки тільки з елементами самої системи.

Зрозуміло, закриті системи являють собою деяку абстракцію реальної ситуації, так як, строго кажучи, ізольованих систем не існує. Однак, вочевидь, що спрощення опису системи, полягають у відмові від зовнішніх зв'язків, може призвести до корисних результатів, спростити дослідження системи. Всі реальні системи тісно або слабо пов'язані з зовнішнім середовищем - відкриті. Якщо тимчасовий розрив або

зміна характерних зовнішніх зв'язків не викликає відхилення у функціонуванні системи понад встановлені заздалегідь меж, то система пов'язана з зовнішнім середовищем *слабо*. В іншому випадку – *тісно*. Комбіновані системи містять відкриті і закриті підсистеми. Наявність комбінованих систем свідчить про складність комбінації відкритої і закритої підсистем.

Залежно від структури і просторово-часових властивостей системи діляться *на прості, складні і великі*.

Прості – системи, що не мають розгалужених структур, які складаються з невеликої кількості взаємозв'язків і невеликої кількості елементів. Такі елементи служать для виконання найпростіших функцій, в них не можна виділити ієрархічні рівні. Відмінною особливістю простих систем є *детермінованість* (чітка визначеність) номенклатури, числа елементів і зв'язків як усередині системи, так і з середовищем.

Складні – характеризуються великим числом елементів і внутрішніх зв'язків, їх неоднорідністю і різноякісністю, структурним різноманітністю, виконують складну функцію або ряд функцій. Компоненти складних систем можуть розглядатися як підсистеми, кожна з яких може бути деталізована ще більш простими підсистемами і т.п. до тих пір, поки не буде отримано елемент.

Визначення 1: система називається складною (з гносеологічних позицій), якщо її пізнання вимагає спільного залучення багатьох моделей теорій, а в деяких випадках багатьох наукових дисциплін, а також обліку невизначеності імовірнісного і неймовірнісного характеру. Найбільш характерним проявом цього визначення є багато модельного.

Модель – деяка система, дослідження якої служить засобом для отримання інформації про іншу систему. Це

опис систем (математичне, вербальне і т.п.) відображає певну групу її властивостей.

Визначення 2: систему називають складною якщо в реальній дійсності рельєфно (істотно) проявляються ознаки її складності.

А саме:

1. *Структурна складність* – визначається за кількістю елементів системи, числу і розмаїтості типів зв'язків між ними, кількості ієрархічних рівнів і загальної кількості підсистем системи. Основними типами вважаються такі види зв'язків: структурні (в тому числі, ієрархічні), функціональні, каузальні (причинно-наслідкові), інформаційні, просторово-часові;

2. *Складність функціонування* (поведінки) – визначається характеристиками безлічі станів, правилами переходу зі стану в стан, вплив системи на середовище і середовища на систему, ступенем невизначеності перерахованих характеристик і правил;

3. *Складність вибору поведінки* – багато альтернативних ситуаціях, коли вибір поведінки визначається метою системи, гнучкістю реакцій на заздалегідь невідомі впливу середовища;

4. *Складність розвитку* – визначається характеристиками еволюційних або стрибкоподібних процесів.

Природно, що всі ознаки розглядаються у взаємозв'язку. Ієрархічна побудова – характерна ознака складних систем, при цьому рівні ієрархії можуть бути як однорідні, так і неоднорідні. Для складних систем притаманні такі фактори, як неможливість передбачити їх поведінку, тобто слабо передбачуваність, їх скритність, різноманітні стану.

3.4. Системи та їх декомпозиція

Складні системи можна поділити на такі факторні підсистеми:

1. *Вирішальну*, яка приймає глобальні рішення у взаємодії із зовнішнім середовищем і розподіляє локальні завдання між усіма іншими підсистемами;

2. *Інформаційну*, яка забезпечує збір, переробку і передачу інформації, необхідної для прийняття глобальних рішень і виконання локальних завдань;

3. *Керуючу* для реалізації глобальних рішень;

4. *Гомеостазну*, підтримуючу динамічну рівновагу всередині систем і регулюючу потоки енергії і речовини в підсистемах;

5. *Адаптивну*, накопичують досвід в процесі навчання для поліпшення структури і функцій системи.

Великою системою називають систему, яка не спостерігає одночасно з позиції одного спостерігача в часі або в просторі, для якої істотний просторовий фактор та число підсистем яке дуже велике, а склад різномірний. Система може бути і *великою і складною*. *Складні системи* об'єднує більш широка група систем, тобто великі – підклас складних систем.

Основоположними при аналізі і синтезі великих і складних систем є процедури *декомпозиції* і *агрегування*.

Декомпозиція – поділ систем на частини, з подальшим самостійним розглядом окремих частин.

Очевидно, що декомпозиція є поняття, пов'язане з моделлю, так як сама система не може бути розчленована без порушень властивостей. На рівні моделювання, розрізнені зв'язку заміняються відповідно еквівалентами, або моделі систем будується так, що розкладання її на окремі частини при цьому виявляється природним.

Стосовно до великих і складних систем декомпозиція є потужним інструментом дослідження.

Агрегування є поняттям, протилежним декомпозиції. У процесі дослідження виникає необхідність об'єднання елементів системи з метою розглянути її з більш загальних позицій.

Декомпозиція та *агрегування* є дві протилежні сторони підходу до розгляду великих і складних систем, що застосовуються в діалектичній єдності.

Системи, для яких їх стан однозначно визначається початковими значеннями і може бути передбаченим для будь-яких подальших моментів часу, називаються *детермінованими*.

Стохастичні системи – системи, зміни в яких носять випадковий характер. При випадкових впливах даних про стан системи недостатньо для передбачення в наступний момент часу.

За ступенем організованості: добре організовані, погано організовані (дифузні). Уявити аналізований об'єкт або процес у вигляді добре організованої системи означає визначити елементи системи, їх взаємозв'язки, правила об'єднання в більш великі компоненти. Проблемна ситуація може бути описана у вигляді математичного виразу. Рішення завдання при поданні її у вигляді добре організованої системи здійснюється аналітичними методами формалізованого представлення системи.

Приклади добре організованих систем: сонячна система, що описує найбільш істотні закономірності руху планет навколо Сонця; відображення атома у вигляді планетарної системи, що складається з ядра і електронів; опис роботи складного електронного пристрою за допомогою системи рівнянь, що враховує особливості умов його роботи (наявність шумів, нестабільності джерел живлення тощо).

Опис об'єкта у вигляді добре організованої системи застосовується в тих випадках, коли можна запропонувати

детермінований опис і експериментально довести правомірність його застосування, адекватність моделі реальному процесу. Спроби застосувати клас добре організованих систем для представлення складних багатокомпонентних об'єктів або багатокритеріальних задач погано вдаються: вони вимагають неприпустимо великих витрат часу, практично не реалізуються і неадекватні застосовуваним моделями.

Погано організовані системи. При поданні об'єкта у вигляді погано організованої чи дифузійної системи не ставиться завдання визначити всі враховані компоненти, їх властивості та зв'язки між ними і цілями системи. Система характеризується деяким набором макропараметрів і закономірностями, що мають місце, на основі дослідження не всього об'єкту або класу явищ, а на основі певної вибірки компонентів за допомогою деяких правил, що характеризують досліджуваний об'єкт або процес. На основі такого вибіркового дослідження отримують характеристики чи закономірності (статистичні, економічні) і поширюють їх на всю систему в цілому. При цьому робляться відповідні застереження. Наприклад, при отриманні статистичних закономірностей їх поширюють на поведінку всієї системи з деякою довірчою ймовірністю.

Підхід до відображення об'єктів у вигляді дифузних систем широко застосовується при: описі систем масового обслуговування, визначенні чисельності штатів на підприємствах та установах, дослідженні документальних потоків інформації в системах управління тощо.

З точки зору характеру функцій розрізняються спеціальні, багатофункціональні, і універсальні системи.

Для спеціальних систем характерна єдність призначення і вузька професійна спеціалізація обслуговуючого персоналу (порівняно нескладна).

Багатофункціональні системи дозволяють реалізувати на одній і тій же структурі кілька функцій. *Приклад:* виробнича система, що забезпечує випуск різної продукції в межах певної номенклатури.

Для універсальних систем: реалізується безліч дій на одній і тій же структурі, однак склад функцій по виду і кількості менш однорідний (менш визначений). Наприклад, комбайн.

За характером розвитку другого класу систем: *стабільні і такі що розвиваються.*

У стабільної системи структура і функції практично не змінюються протягом всього періоду її існування і, як правило, якість функціонування стабільних систем у міру зношування їх елементів тільки погіршується. Відбудовні заходи зазвичай можуть лише знизити темп погіршення.

Відмінною особливістю розвитку систем є те, що з плином часу їх структура і функції набувають суттєвих змін. Функції системи більш постійні, хоча часто і вони видозмінюються. Практично незмінними залишається лише їх призначення.

Системи що розвиваються мають більш високу складність. У порядку ускладнення поведінки: *автоматичні, вирішальні, такі що само організуються, передбачуючи, такі що перетворюються.*

Автоматичні: однозначно реагують на обмежений набір зовнішніх впливів, внутрішня їх організація пристосована до переходу в рівноважний стан при виведенні з нього (гомеостаз).

Вирішальні: мають постійні критерії розрізнення їх постійної реакції на широкі класи зовнішніх впливів. Сталість внутрішньої структури підтримується заміною тих що вийшли з ладу.

Такі що само організуються: мають гнучкі критерії розрізнення і гнучкі реакції на зовнішні впливи,

приспосовуються до різних типів впливу. Стійкість внутрішньої структури вищих форм таких систем забезпечується постійним самовідтворенням.

Такі що само організуються, мають ознаки дифузних систем: стохастичну поведінку, не стаціонарність окремих параметрів і процесів. До цього додаються такі ознаки, як непередбачуваність поведінки; здатність адаптуватися до мінливих умов середовища, змінювати структуру при взаємодії системи з середовищем, зберігаючи при цьому властивості цілісності; здатність формувати можливі варіанти поведінки і вибрати з них найкращий і ін. Іноді цей клас розбивають на підкласи, виділяючи адаптивні або такі системи що само приспосовуються, що само відтворюються і інших підкласів, які відповідають різним властивостям, що розвиваються.

Приклади: біологічні системи, колективна поведінка людей, організація керування на рівні підприємства, галузі, держави в цілому, тобто в тих системах, де обов'язково є людський фактор.

Якщо стійкість по своїй складності починає переважати складний вплив зовнішнього світу – *це системи що передбачуються*: вона може передбачити подальший хід взаємодії.

Перетворюються – це уявні складні системи на вищому рівні складності, які не пов'язані постійністю існуючих носіїв. Вони можуть змінювати речові носії, зберігаючи свою індивідуальність. Науці приклади таких систем поки не відомі.

Систему можна розділити на види за ознаками структури їх побудови і значущості тієї ролі, яку відіграють у них окремі складові частини в порівняння з ролями інших частин.

У деяких системах однієї з частин може належати домінуюча роль (її значимість \gg (символ відносини «значної переваги») значимість інших частин). Такий компонент - виступатиме як центральний, що визначає функціонування всієї системи. Такі системи називають *централізованими*.

В інших системах всі складові їх компоненти приблизно однаково значущі. Структурно вони розташовані не навколо деякого централізованого компонента, а взаємопов'язані послідовно або паралельно і мають приблизно однакові значення для функціонування системи. Це *децентралізовані системи*.

Системи можна класифікувати за призначенням. Серед технічних і організаційних систем виділяють: *виробляючі, керуючі, обслуговуючі*.

У *системах виробляючих* реалізуються процеси отримання деяких продуктів або послуг. Вони в свою чергу діляться на *матеріально-енергетичні*, в яких здійснюється перетворення природного середовища або сировини в кінцевий продукт матеріальної або енергетичної природи, або транспортування такого роду продуктів; і *інформаційні* – для збору, передачі і перетворення інформації і надання інформаційних услуг.

Призначення *керуючих систем* – організація і управління матеріально-енергетичними та інформаційними процесами. *Обслуговуючі системи* займаються підтримкою заданих меж працездатності систем що виробляють і керують.

3.5. Контрольні запитання

Властивості систем.

Властивість яка має назву *емерджентність*.

Організованість - складна властивість систем.
Поведінка системи та її *активні форми*.
Класифікація систем.
Модель – система.
Складна система.
Системи та їх декомпозиція.
Системи що само організуються.
Централізовані системи.

4. ПРИНЦИПИ І ЗАКОНОМІРНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Основним завданням керівництва підприємства є організація та підтримка системи керування підприємством (СКП). Система керування охороною праці підприємства (СКОПП) є частиною СКП. У системі СКОПП також загальний стан безпеки характеризується станом безпеки на окремих дільницях та у підрозділах. Тому розглянемо закономірності взаємодії частини і цілого.

4.1. Цілісність та емерджентність

Закономірність цілісності та емерджентності проявляється в системі у появі у неї нових властивостей, відсутніх у елементів.

Для того щоб глибше зрозуміти закономірність цілісності, необхідно, перш за все, врахувати дві її сторони:

1. Властивості системи (цілого) Q_s не є простою сумою властивостей складових її елементів (частин):

$$Q_s \neq \sum Q_i.$$

2. Властивості системи (цілого) залежать від властивостей складових її елементів (частин):

$$Q_s = f(q_i).$$

Крім цих двох основних сторін, слід мати на увазі, що об'єднані в систему елементи, як правило, втрачають частину своїх властивостей, що властиві їм поза системою, тобто система як би пригнічує ряд властивостей елементів. Але, з іншого боку, елементи, потрапивши в систему, можуть придбати нові властивості.

Звернемося до закономірності, двоїстої по відношенню до закономірності цілісності. Її називають *фізичною адитивністю, незалежністю, сумативністю, відокремленістю*.

Властивість фізичної адитивності проявляються у системи, як би та розпалася на незалежні елементи; тоді стає справедливим

$$Q_s = \sum q_i.$$

У цьому крайньому випадку і говорити про систему вже не можна.

Розглянемо проміжні варіанти – дві пов'язані закономірності, які можна назвати *прогресуючою факторизацією* – прагненням системи до стану з усе більш незалежними елементами, і *прогресуючою систематизацією* – прагненням системи до зменшення самостійності елементів, т. ч. до більшої цілісності.

4.2. Інтегративність

Цей термін часто вживається як синонім цілісності. Однак деякі дослідники виділяють цю закономірність як

самостійну, прагнучи підкреслити інтерес не до зовнішніх чинників прояви цілісності, а до більш глибоких причин, що обумовлює виникнення цієї властивості, до чинників, які забезпечують збереження цілісності.

Таблиця 4.1 – Закономірності взаємодії частини і цілого

Закономірності взаємодії частини і цілого	Ступінь цілісності α	Коефіцієнт використання елементів β
Цілісність / емерджентність	1	0
Прогресуюча систематизація	$\alpha > \beta$	
Прогресуюча факторизація	$\alpha < \beta$	
Адитивність (сумативність)	0	1

Інтегративними називають *системоутворюючі, системозберігаючі* чинники, в числі яких важливу роль відіграють *неоднорідність і суперечливість* елементів (досліджувані більшістю філософів) з одного боку, і прагнення їх вступати в коаліції – з іншого.

4.3. Закономірності ієрархічні впорядкованості систем

Ця група закономірностей характеризує взаємодію системи з її оточенням – з *середовищем* (значущим або істотним для системи), *надсистемой, підлеглими системами*.

Комунікативність. Ця закономірність складає основу визначення системи, де система не ізольована від інших систем, вона пов'язана безліччю комунікацій із

середовищем, що представляє собою, в свою чергу, складне і неоднорідне утворення, що містить *надсистему* (мета систему – систему більш високого порядку, що задає вимоги і обмеження досліджуваній системі), підсистеми (нижче лежачи, підвідомчі системи), і системи одного рівня з даної.

Таку складну єдність із середовищем названо закономірністю *комунікативності*, яка, в свою чергу легко допомагає перейти до ієрархічності як закономірності побудови всього світу і будь-який виділеної з нього системи.

Ієрархічність. Закономірності ієрархічності або ієрархічної впорядкованості були в числі перших закономірностей теорії систем, яку виділив і досліджував Л. Фон Берталанфі.

Необхідно враховувати не тільки зовнішню структурну сторону ієрархії, а й функціональні взаємини між рівнями. Наприклад, в біологічних організаціях вищий ієрархічний рівень надає направляючий вплив на нижній рівень, підлеглий йому, і цей вплив проявляється в тому, що підлеглі члени ієрархії набувають нових властивостей, які відсутні у них в ізольованому стані (підтвердження положення про вплив цілого на елементи, наведеного вище), а в результаті появи цих нових властивостей формується новий, інший «образ цілого» (вплив властивостей елементів на ціле). Таким чином нове ціле, що виникає набуває здатності здійснювати нові функції, в чому і полягає мета утворення ієрархій.

Виділимо *основні особливості ієрархічної впорядкованості* з точки зору корисності їх використання в якості моделей системного аналізу:

1. В силу закономірності комунікативності, яка проявляється не тільки між виділеної системою і її оточенням, а й між рівнями ієрархії досліджуваної

системи, кожен рівень ієрархічної впорядкованості має складні взаємини з вищим і нижнім рівнями. Кожен рівень ієрархії має властивість «дволикого Януса»: «лик», спрямований в бік нижчого рівня, має характер автономного цілого (системи), а «лик», спрямований до вузла (вершині) вищого рівня, проявляє властивості залежної частини (елемента що стоїть у системі вище). Ця конкретизація закономірності ієрархічності пояснює неоднозначність використання в складних організаційних системах понять «система» і «підсистема», «мета» і «засіб» (елемент кожного рівня ієрархічної структури цілей виступає як мета по відношенню до нижчого і як «під ціль», а починаючи з деякого рівня, і як «засіб» по відношенню до вищестоящої мети), що часто спостерігається в реальних умовах і призводить до некоректних термінологічним спорам.

2. Найважливіша особливість ієрархічної впорядкованості як закономірності полягає в тому, що закономірність цілісність / ємерджентність (тобто якісні зміни властивостей компонентів більш високого рівня в порівнянні з компонентами нижчого, що об'єднуються) проявляється в ній на кожному рівні ієрархії. При цьому об'єднання елементів в кожному вузлі ієрархічної структури призводить не тільки до появи нових властивостей у вузла і втрати компонентами, що об'єднуються волі прояви деяких своїх властивостей, але і до того, що кожен підлеглий член ієрархії набуває нових властивостей, які відсутні у нього в ізольованому стані.

4.4.Закономірності здійсненності систем

Проблема здійсненності систем є найменш дослідженою. Розглянемо деякі з закономірностей, що допомагають зрозуміти цю проблему і врахувати її при

визначенні принципів проектування та організації функціонування систем управління.

Еквіфінальність. Ця закономірність характеризує як би граничні можливості системи. Л. фон Берталанфі, який запропонував цей термін, визначив *еквіфінальність* як «здатність на відміну від стану рівноваги в закритих системах, повністю детермінованих початковими умовами, ... досягати стану котрий залежить від часу, яке не залежить від її початкових умов і визначається виключно параметрами системи».

Відповідно до даної закономірності система може досягти необхідного кінцевого стану, котрий залежить від часу і визначається виключно власними характеристиками системи при різних початкових умовах і різними шляхами. Це форма стійкості по відношенню до початкових і граничних умов.

Закон «необхідної різноманітності». На необхідність враховувати граничну здійсненність системи при створенні вперше в теорії систем звернув увагу У.Р. Ешбі. Він сформулював закономірність, відому під назвою закон «необхідної різноманітності».

Для задач прийняття рішень найбільш важливим є один з наслідків цієї закономірності, який можна спрощено пояснити на наступному прикладі. Коли дослідник (ЛІПР – людина, яка приймає рішення, спостерігач) N стикається з проблемою D , рішення якої для нього є очевидним, то має місце певне розмаїття можливих рішень Vd . Цієї різноманітності протистоїть різноманітність думок дослідника (спостерігача) Vn . Завдання дослідника полягає в тому, щоб звести різноманітність $Vd - Vn$ до мінімуму, в ідеалі – до 0. Ешбі довів теорему, на основі якої формулюється наступний висновок: «Якщо Vd дано постійне значення, то $Vd - Vn$ може бути зменшено лише за рахунок відповідного зростання Vn . Тільки

різноманітність в N може зменшити різноманітність, що створюється в D ; тільки різноманітність може знищити різноманітність». Стосовно до систем управління закон «необхідної різноманітності» може бути сформульовано таким чином: різноманітність керуючої системи (системи управління) Vsu має бути більше (або, принаймні, така саме) різноманітності керованого об'єкту Vou : $Vsu > Vou$.

Можливі наступні шляхи вдосконалення управління при ускладненні виробничих процесів:

1. Збільшення Vsu , що може бути досягнуто шляхом збільшення чисельності апарату управління, підвищення його кваліфікації, механізації і автоматизації управлінських робіт;

2. Зменшення Vou , за рахунок встановлення більш чітких і певних правил поведінки компонентів системи: уніфікація, стандартизація, типізація, введення поточного виробництва, скорочення номенклатури деталей, вузлів, технологічного оснащення і т.п.;

3. Зниження рівня вимог до управління, тобто скорочення числа постійно контрольованих і регульованих параметрів керованої системи;

4. Самоорганізація об'єктів управління шляхом обмеження контрольованих параметрів за допомогою створення саморегульованих підрозділів (цехів, дільниць із замкнутим циклом виробництва, з відносною самостійністю і обмеженням втручання централізованих органів управління підприємством тощо).

Закономірності розвитку систем. Останнім часом все більше починає усвідомлювати необхідність врахування при моделюванні систем принципів їх зміни в часі, для розуміння яких можуть допомогти закономірності, що розглядаються далі.

Історичність. Хоча, здавалося б, очевидно, що будь-яка система не може бути незамінною, що вона не

тільки виникає, функціонує, розвивається, але і гине, і кожен легко може привести приклади становлення, розквіту, занепаду (старіння) та навіть смерті (загибелі) біологічних і соціальних систем, все ж для конкретних випадків розвитку організаційних систем і складних технічних комплексів важко визначити ці періоди (рис.4.1). Не завжди керівники організацій та конструктори технічних систем враховують, що час є неодмінною характеристикою системи, що кожна система підпорядковується закономірності історичності, і що ця закономірність – така ж об'єктивна, як цілісність, ієрархічна впорядкованість і ін.

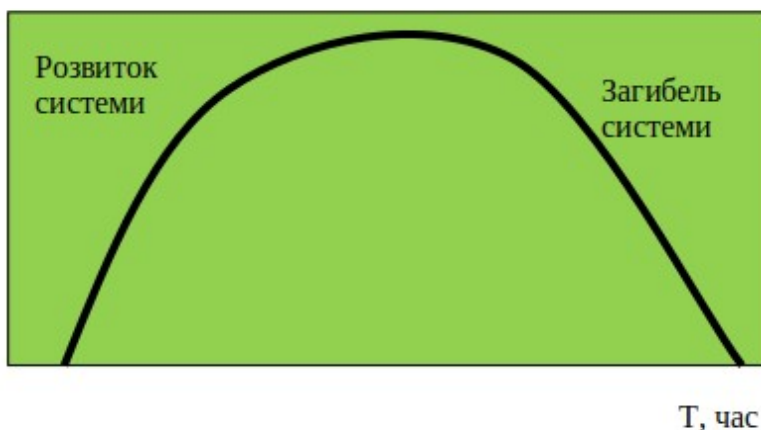


Рисунок 4.1 – Історичність розвитку та кінця будь якої системи

При цьому закономірність історичності можна враховувати не тільки пасивно, фіксуючи старіння, а й використовувати для попередження «смерті» системи,

розробляючи «механізми» реконструкції, реорганізації системи для збереження її в новій якості.

У питаннях охорони праці, ця закономірність відіграє важливу роль, тому що змушує керівників постійно піклуватись та контролювати стан обладнання та працівників. Зміни відбуваються постійно, але завданням керівництва є визначення критичних рівнів (рівня ризику), які визначають необхідність ремонту, профілактики, заміни на нові, тобто «реанімації» системи. Тоді закономірність рис.4.1 змінює свій вигляд та час можна продовжити на більший термін безпечного та продуктивного використання (рис.4.2).

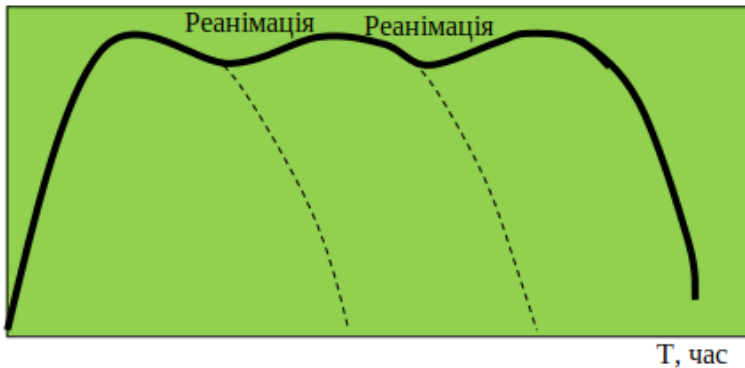


Рисунок 4.2 – Штучне збільшення історичності розвитку та кінця будь-якої системи

Закономірність самоорганізації. У числі основних особливостей самоорганізованих систем з активними елементами названі здатність протистояти ентропійним (ентропія в даному випадку – ступінь невизначеності, непередбачуваності стану системи і зовнішнього середовища) тенденціям, здатність адаптуватися до умов, що змінюються, перетворюючи при необхідності свою структуру тощо. В основі цих здібностей зовні виявляється

глибша закономірність, що базується на поєднанні в будь-якій реальній системі що розвивається, двох суперечливих тенденцій: з одного боку, для всіх явищ, в тому числі і для систем, що розвиваються, для відкритих систем справедливий другий закон термодинаміки («другий початок»), тобто прагнення до зростання *ентропії*; а з іншого боку, спостерігаються *негентропійні* (протилежні ентропійним) тенденції, що лежать в основі еволюції.

Важливі результати в розумінні закономірності самоорганізації отримані в дослідженнях, які відносять до науки що розвивається та званою *сінергетикою*.

Сінергетикою називають *міждисциплінарний науковий напрямок, що вивчає універсальні закономірності процесів самоорганізації, еволюції та кооперації*. Її мета полягає в побудові загальної теорії складних систем, що володіють особливими властивостями. На відміну від простих, складні системи мають такі основні характеристики:

- безліч неоднорідних компонентів;
- активність (цілеспрямованість) компонентів;
- безліч різних, паралельно виявляються взаємозв'язків між компонентами;
- семіотична (слабо формалізуєма) природа взаємозв'язків;
- кооперативна поведінка компонентів;
- відкритість;
- розподіленість;
- динамічність, здатність до навчання, еволюційний потенціал;
- невизначеність параметрів середовища.

Особливе місце в сінергетиці займають питання спонтанного утворення упорядкованих структур різної природи у процесах взаємодії, коли вихідні системи знаходяться в нестійких станах. Дотримуючись думки

вченого І. Пригожина, її можна коротко охарактеризувати як «*комплекс наук про виникаючі системи*».

Згідно *сінергетичним моделям*, еволюція системи зводиться до послідовності не урівноважених фазових переходів. Принцип розвитку формулюється як послідовне проходження критичних областей (точок *біфуркації* (роздвоєння, розгалуження)). Поблизу точок біфуркації спостерігається різке посилення флуктуації (від лат. *Fluctuatio* – коливання, відхилення). Вибір, за яким піде розвиток після біфуркації, визначається в момент нестійкості. Тому зона біфуркації характеризується принциповою непередбачуваністю – невідомо, чи стане подальший розвиток системи хаотичним або народиться нова, більш упорядкована структура. Тут різко зростає роль невизначеності: випадковість на вході у не рівноважної ситуації може дати на виході катастрофічні наслідки. У той же час, сама можливість спонтанного виникнення порядку з хаосу – найважливіший момент процесу самоорганізації в складній системі.

Головні принципи сінергетичного підходу в сучасній науці такі:

1. Принцип *додатковості Н. Бора*. У складних системах виникає необхідність поєднання різних, раніше здавалися несумісними, а нині які взаємодоповнюють один одного моделей і методів опису.

2. Принцип *спонтанного виникнення І. Пригожина*. У складних системах можливі особливі критичні стани, коли найменші флуктуації можуть раптово привести до появи нових структур, повністю відрізняються від звичайних (зокрема, це може вести до катастрофічних наслідків – ефекти «снігової кулі» або епідемії).

3. Принцип *несумісності Л. Заде*. При зростанні складності системи зменшується можливість її точного опису аж до деякого порога, за яким точність і

релевантність (сміслова зв'язаність) інформації стають несумісними, взаємно виключними характеристиками.

4. Принцип *управління невизначеностями*. У складних системах потрібен перехід від боротьби з невизначеностями до управління невизначеностями. Різні види невизначеності повинні навмисно вводитися в модель досліджуваної системи, оскільки вони служать фактором, сприятливим інновацій (системним мутацій).

5. Принцип *незнання*. *Знання про складні системи принципово є неповними, неточними і суперечливими*: вони зазвичай формуються не на основі логічно суворих понять і суджень, а виходячи з індивідуальних думок і колективних ідей. Тому в подібних системах важливу роль відіграє моделювання часткового знання і незнання.

6. Принцип *відповідності*. Мова опису складної системи повинна відповідати характеру наявної про неї інформації (рівнем знань або невизначеності). Точні логіко-математичні, синтаксичні моделі не є універсальною мовою, також важливі не суворі, наближені, семіотичні моделі та неформальні методи. Один і той же об'єкт може описуватися сімейством мов різної жорсткості.

7. Принцип *різноманітності шляхів розвитку*. Розвиток складної системи багатоваріантний і альтернативний, тому існує «спектр» шляхів її еволюції. Переломний критичний момент невизначеності майбутнього розвитку складної системи пов'язаний з наявністю зон *біфуркації* – «розгалуження» можливих шляхів еволюції системи.

8. Принцип *єдності і взаємопереходів порядку і хаосу*. Еволюція складної системи проходить через нестійкість; хаос не тільки руйнівний але і конструктивний. Організаційний розвиток складних систем передбачає свого роду кон'юнкцію порядку і хаосу.

9. Принцип коливальної (пульсуючої) еволюції. Процес еволюції складної системи носить не поступальний, а циклічний або хвильовий характер: він поєднує в собі *дівергентні* (зростання різноманітності) і *конвергентні* (згортання різноманітності) тенденції, фази зародження порядку і підтримання порядку. Відкриті складні системи пульсують: диференціація змінюється інтеграцією, розбігання – зближенням, ослаблення зв'язків – їх посиленням тощо.

Неважко зрозуміти, що перераховані принципи синергетичної методології можна розбити на три групи:

1. *Принципи складності* (1-3);
2. *Принципи невизначеності* (3-6);
3. *Принципи еволюції* (7-9).

Закономірності виникнення і формулювання цілей.

Узагальнення результатів досліджень процесів, що проводяться філософами, психологами, кібернетиками, і спостереження процесів обґрунтування і структуризації цілей у конкретних умовах, дозволили сформулювати деякі загальні принципи, закономірності, які корисно використовувати на практиці.

Залежність уявлення про мету і формулювання мети від стадії пізнання об'єкту (процесу) і від часу.

Аналіз визначень поняття «мета» дозволяє зробити висновок про те, що, формулюючи мету потрібно прагнути відобразити в формулюванні або в способі подання мети основне протиріччя: *її активну роль в пізнанні, в управлінні, і в той же час необхідність зробити її реалістичною, направити з її допомогою діяльність на отримання певного корисного результату.* При цьому формулювання мети і уявлення про мету залежить від стадії пізнання об'єкту, і по мірі розвитку уявлення про нього мета може переформулюватися.

Залежність мети від зовнішніх і внутрішніх факторів.

При аналізі причин виникнення і формулювання цілей потрібно враховувати, що на мету впливають як зовнішні по відношенню до системи чинники (зовнішні вимоги, потреби, мотиви, програми), так і внутрішні чинники (потреби, мотиви, програми самої системи і її елементів, виконавців цілі); при цьому останні є такими ж об'єктивно впливають на процес ціле утворення факторами, як і зовнішні (особливо при використанні в системах управління поняття мети як засобу спонукання до дії).

Прояв в структурі цілей закономірності цілісності

В ієрархічній структурі закономірність цілісності (ємерджентності) проявляється на будь-якому рівні ієрархії. Стосовно до структури цілей це означає, що, з одного боку, досягнення мети вищого рівня не може бути повністю забезпечено досягненням підлеглих їй під цілей, хоча і залежить від них, а, з іншого боку, потреби, програми (як зовнішні, так і внутрішні) потрібно досліджувати на кожному рівні структуризації, і одержувані різними ЛПР розчленування під цілі в силу різного розкриття невизначеності можуть виявитися різними, тобто різні ЛПР можуть запропонувати різні ієрархічні структури цілей і функцій, навіть при використанні одних і тих же принципів структуризації і методик.

Закономірності формування ієрархічних структур цілей

З огляду на те, що найбільш поширеним способом представлення цілей в системах організаційного управління є деревовидні ієрархічні структури («дерева цілей»), розглянемо основні рекомендації по їх формуванню:

- прийоми, що застосовуються при формуванні деревовидних ієрархій цілей, можна звести до двох підходів:

- а) формування структур «зверху» – методи структуризації, декомпозиції, цільової або цілеспрямованого підходу;

- б) формування структур цілей «знизу» – морфологічний, лінгвістичний, тезаурусний, термінальний підхід (на практиці зазвичай ці підходи поєднуються);

- цілі нижчого рівня ієрархії можна розглядати як засоби для досягнення цілей вищого рівня, при цьому вони ж є цілями для рівня нижчого по відношенню до них;

- в ієрархічній структурі в міру переходу з верхнього рівня на нижній відбувається як би зсув розглянутої вище «шкали» від мети-напрямки (цілі-ідеалу, мети-мрії) до конкретних цілей і функцій, які на нижніх рівнях структури можуть виражатися у вигляді очікуваних результатів конкретної роботи із зазначенням критеріїв оцінки її виконання, в той час як на верхніх рівнях ієрархії вказівку критеріїв може бути або виражено в загальних вимогах (наприклад, «підвищити ефективність»), або взагалі не наводиться в формулюванні мети;

- для того щоб структура цілей була зручною для аналізу і організації управління, до неї рекомендується пред'являти деякі вимоги - *число рівнів ієрархії і число компонентів в кожному вузлі має бути* (в силу гіпотези Міллера або числа Колмогорова) $K = 5 \pm 2$ (межа сприйняття людиною).

4.5. Контрольні запитання

Цілісність та емерджентність.

Проміжні варіанти системи (прогресуючою факторизацією та прогресуючою систематизацією) .

Інтегративність.

Закономірності ієрархічні впорядкованості систем.

Основні особливості ієрархічної впорядкованості.

Закономірності здійсненності систем.

Можливі наступні шляхи вдосконалення управління при ускладненні виробничих процесів.

Закономірності розвитку систем.

Закономірність самоорганізації.

Сінергетика.

Критичні області (точки біфуркації та флуктації).

Головні принципи сінергетичного підходу в сучасній науці.

Принципи сінергетичної методології.

Закономірності виникнення і формулювання цілей

5. ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ОПИС І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

5.1. Функціональний опис системи

Дослідження будь-якої системи передбачає створення моделі системи, що дозволяє зробити аналіз і передбачити її поведінку у певному діапазоні умов, вирішувати завдання аналізу і синтезу реальної системи.

Залежно від цілей і завдань, моделювання воно може проводитись на різних рівнях абстракції. Модель – опис системи, що відображає певну групу її властивостей.

Опис системи доцільно починати з трьох точок зору:

- функціональної,
- морфологічної
- інформаційної.

Будь який об'єкт характеризується *результатами свого існування, місцем, яке він займає серед інших об'єктів, роллю, яку він грає в середовищі.*

Функціональний опис необхідно для того, щоб усвідомити важливість системи, визначити її місце, оцінити відносини з іншими системами. Функціональний опис (функціональна модель) має створити правильну орієнтацію відносно зовнішніх зв'язків системи, її контактів з навколишнім світом, напрямки її можливих змін.

Функціональний опис виходить з того, що будь-яка система виконує деякі функції: просто пасивно існує, служить областю проживання інших систем, обслуговує системи вищого порядку, служить засобом для створення більш досконалих систем. Як нам вже відомо, система може бути одно функціональною і багато функціональною. Оцінка функцій системи (в абсолютному значенні) залежить від точки зору того, хто її оцінює (або системи, яка її оцінює).

Функціональна система може описуватися числовим функціоналом, що залежить від функцій, що описують внутрішні процеси системи, або якісним функціоналом (впорядкування в термінах «краще», «гірше», «більше», «менше» тощо). Функціонал, який кількісно або якісно описує діяльність системи називають функціоналом ефективності.

Функціональна організація може бути описана:

- алгоритмічно,
- аналітично,
- графічно,
- у вигляді таблиць,
- за допомогою тимчасових діаграм функціонування,
- вербально (словесно) .

Опис має відповідати концепції розвитку систем певного класу і задовольняти деяким вимогам:

- має бути відкритим і допускати можливість розширення (звуження) спектра функцій, що реалізуються системою;
- передбачати можливість переходу від одного рівня розгляду до іншого, тобто забезпечувати побудову віртуальних моделей систем будь-якого рівня.

При описі системи будемо розглядати її як структуру, в яку в певні моменти часу вводиться щось (речовина, енергія, інформація), і з якої в певні моменти часу щось виводиться.

У найзагальнішому вигляді функціональний опис системи в будь-якій динамічній системі зображується сімкою:

$$S_f = \{T, x, C, Q, y, \varphi, \eta\},$$

де T – безліч моментів часу,

x – безліч миттєвих значень вхідних впливів,

$C = \{c: T \rightarrow x\}$ - безліч допустимих вхідних впливів;

Q – безліч станів;

y – безліч значень вихідних величин;

$Y = \{u: T \rightarrow y\}$ - безліч вихідних величин;

$\varphi = \{T \times T \times c \rightarrow Q\}$ - перехідна функція стану;

$\eta: T \times Q \rightarrow y$ - вихідна відображення;

c – відрізок вхідного впливу;

u – відрізок вихідної величини.

Такий опис системи охоплює широкий діапазон властивостей.

Недолік даного опису – неконструктивність: труднощі інтерпретації та практичного застосування.

Функціональний опис має відображати такі характеристики складних і слабо пізнаних систем як *параметри, процеси, ієрархію*.

Прийmemo, що система S виконує N функцій $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_s, \dots, \psi_N$, що залежать від n процесів $F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n$. Ефективність виконання s -ї функції $E_s = E_s(\psi_s) = E(F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n) = E_s(\{F_i\}), i = 1 \dots n, s = 1 \dots N$.

Загальна ефективність системи є вектор-функціонал $E = \{E_s\}$. Ефективність системи залежить від величезної кількості внутрішніх і зовнішніх факторів. Уявити цю залежність в явній формі надзвичайно складно, а практична цінність такого уявлення незначна через багато вимірність і безліч зв'язків. Раціональний шлях формування функціонального опису полягає в застосуванні такої багаторівневої ієрархії описів, при якій опис більш високого рівня буде залежати від узагальнених і факторізовано змінних нижчого рівня.

Ієрархія створюється по рівневої факторизації процесів $\{F_i\}$ за допомогою узагальнених параметрів $\{Q_i\}$, що є функціоналом $\{F_i\}$. Передбачається, що *число параметрів значно менше числа змінних*, від яких залежать процеси. Такий спосіб опису дозволяє побудувати міст між властивостями взаємодіючих з середовищем елементів (підсистемами нижчого рівня) і ефективністю системи.

Процеси $\{F_i(1)\}$ можна виявити на виході системи. Це процеси взаємодії з середовищем. Будемо називати їх *процесами першого рівня* і вважати, що вони визначаються:

1. Параметрами системи першого рівня - $Q_1(1), Q_2(1), \dots, Q_j(1), \dots, Q_m(1)$;

2. Активно протидіють параметрам середовища, безпосередньо спрямовані проти системи для зниження її ефективності – $b_1, b_2, \dots, b_k, \dots, b_K$;

3. Нейтральними (випадковими параметрами середовища) $c_1, c_2, \dots, c_l, \dots, c_L$;

4. Сприятливими параметрами середовища $d_1, d_2, \dots, d_p, \dots, d_P$.

Середовище має безпосередній контакт з підсистемами нижчих рівнів, впливаючи через них на підсистеми більш високого рівня ієрархії, так що

$$F_i^* = F_i^* (\{b_k\}, \{c_l\}, \{d_p\}).$$

Шляхом побудови ієрархії (параметри β -го рівня – процеси $(\beta - 1)$ -го рівня – параметри $(\beta - 1)$ -го рівня) можна пов'язати властивості середовища з ефективністю системи.

Параметри системи $\{Q_j\}$ можуть змінюватися при зміні середовища, вони залежать від процесів в системі і записуються у вигляді функціоналів стану $Q_{j1}(t)$.

Власним функціональним простором системи W називається простір, точками якого є всі можливі стани системи, яка визначається великою кількістю параметрів до рівня b :

$$Q = \{Q(1), Q(2), \dots, Q(\beta)\}.$$

Стан може зберігатися постійним на деякому інтервалі часу T .

Процеси $\{F_i(2)\}$ не можуть бути виявлені на виході системи. Це процеси другого рівня, які залежать від параметрів $Q(2)$ підсистем системи (параметрів другого рівня). І так далі.

Утворюється наступна ієрархія опису: ефективність (кінцева безліч функціоналів) – процеси першого рівня (функції) – параметри першого рівня (функціонали) – процеси другого рівня (функції) – параметри другого рівня

(функціонали) тощо. На якомусь рівні наші знання про функціональні властивості системи вичерпуються, і ієрархія обривається. Обрив може відбутися на різних рівнях для різних параметрів (процесів), причому як на процесі, так і на параметрі.

Зовнішні характеристики системи визначаються верхнім рівнем ієрархії, тому часто вдається обмежитися описом виду $(\{E_i\}, \{\psi S\}, \{F_i(1)\}, \{Q_j(1)\}, \{bk\}, \{cl\}, \{dp\})$. Число рівнів ієрархії залежить від необхідної точності представлення вхідних процесів.

5.2. Графічні способи функціонального опису систем

Вище було розглянуто спосіб узагальненого аналітичного функціонального опису систем. Дуже часто при аналізі і синтезі систем використовується графічне опис, різновидами якого є:

- *дерево функцій системи,*
- *стандарт функціонального моделювання IDEF0.*

Всі функції, які реалізуються складною системою, можуть бути умовно розділені на три групи:

- *цільова функція;*
- *базисні функції системи;*
- *додаткові функції системи.*

Цільова функція системи відповідає її основним функціональним призначенням, тобто *цільова (головна) функція – відбиває призначення, сутність і сенс існування системи.*

Основні функції відображають орієнтацію системи і являють собою сукупність макро функцій, що реалізуються системою. Ці функції обумовлюють існування системи певного класу.

Основні функції – забезпечують умови виконання цільової функції (прийом, передача придбання, зберігання, видача).

Додаткові (сервісні) функції розширюють функціональні можливості системи, сферу їх застосування і сприяють поліпшенню показників якості системи.

Додаткові функції – забезпечують умови виконання основних функцій (з'єднання (розведення, напрямом, гарантування)).

Опис об'єкта на мові функцій представляється у вигляді графа.

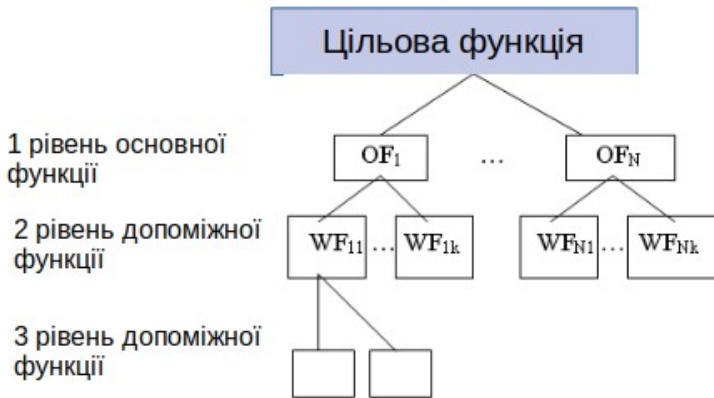


Рисунок 5.1 – Опис об'єкта на мові функцій у вигляді графа

Формулювання функції всередині вершин повинна включати 2 слова: дієслово і іменник «робити що».

Дерево функцій системи представляє декомпозицію функцій системи і формується з метою детального дослідження функціональних можливостей системи і аналізу сукупності функцій, що реалізуються на різних рівнях ієрархії системи. На базі дерева функцій системи, здійснюється формування структури системи на основі функціональних модулів. Надалі структура на основі таких

модулів покривається конструктивними модулями (для технічних систем) або організаційними модулями (для організаційно-технічних систем). Таким чином, етап формування дерева функцій є одним з найбільш відповідальних не тільки при аналізі, а й при синтезі структури системи. Помилки на цьому етапі призводять до створення «систем-інвалідів», нездатних до повної функціональної адаптації з іншими системами, користувачем і навколишнім середовищем.

Вихідними даними для формування дерева функцій є основні і додаткові функції системи.

Формування дерева функцій представляє процес декомпозиції цільової функції і безлічі основних і додаткових функцій на більш елементарні функції, реалізовані на наступних рівнях декомпозиції.

При цьому кожна з функцій конкретно взятого i -ого рівня може розглядатися як макрофункція по відношенню до функцій що її реалізують на $(i + 1)$ -го рівня, і як елементарна функція по відношенню до відповідної функції верхнього $(i - 1)$ -го рівня.

Опис функцій системи з використанням IDEF0 – нотації засноване на тих же принципах декомпозиції, але представляється не у вигляді дерева, а набору діаграм.

5.3. Короткий опис методології IDEF0

Об'єктами моделювання є системи. Опис IDEF0 моделі побудовано у вигляді ієрархічної піраміди, в вершині якої стає саме загальний опис системи, а підстава являє собою безліч більш детальних описів.

IDEF0 методологія побудована на наступних принципах:

- *Графічний опис модельованих процесів.* Графічна мова Блоків і Дуг IDEF0 Діаграм відображає операції або

функції у вигляді блоків, а взаємодія між входами/виходами операцій, що входять до Блоку або виходять з нього, дугами.

- *Лаконічність*. За рахунок використання графічної мови опису процесів досягається з одного боку точність опису, а з іншого – стислість.

Необхідність дотримання правил і точності передачі інформації. При IDEF0 моделюванні необхідно дотримуватися наступних правил:

- На діаграмі має бути не менше 3-х і не більше 6-й функціональних блоків.

- Діаграми повинні відображати інформацію, що не виходить за рамки контексту, певної мети і точки зору.

- Діаграми повинні мати пов'язаний інтерфейс, коли номери Блоків, Дуги і ICOM коди мають єдину структуру.

- Унікальність імен функцій Блоків і найменувань Дуг.

- Чітке визначення ролі даних і поділ входів та управлінь.

- Зауваження для Дуг і імена функцій Блоків повинні бути короткими і лаконічними.

- Для кожного функціонального Блоку необхідна як мінімум одна керуюча Дуга.

- Модель завжди будується з певною метою і з позицій конкретної точки зору.

У процесі моделювання дуже важливим є чітко визначити напрямок розробки моделі - її контекст, точку зору і мету.

Контекст моделі окреслює межі модельованої системи і описує її взаємозв'язки із зовнішнім середовищем.

Точка зору визначає позицію автора, тобто що буде розглядатися і під яким кутом зору. Необхідно пам'ятати, що одна модель представляє одну точку зору. Для

моделювання системи з декількома точок зору використовується кілька моделей.

Мета відображає причину створення моделі і визначає її призначення. При цьому, всі взаємодії в моделі розглядаються саме з точки зору досягнення поставленої мети.

В рамках методології IDEF0 модель системи описується за допомогою Графічних IDEF0 Діаграм і уточнюється за рахунок використання FEO, Текстових і Діаграм Глосарію. При цьому модель включає в себе серію взаємопов'язаних Діаграм, які поділяють складну систему на складові частини.

Діаграми більш високого рівня (A-0, A0) – є найбільш загальним описом системи, представленим у вигляді окремих блоків. Декомпозиція цих Блоків дозволяє досягати необхідного рівня деталізації опису системи.

Розробка IDEF0 Діаграм починається з побудови самого верхнього рівня ієрархії (A-0) – одного Блоку і інтерфейсних Дуг, що описують зовнішні зв'язки даної системи. Ім'я функції, що записується у Блоці 0, є цільовою функцією системи до прийнятої точки зору і цілі побудови моделі.

При подальшому моделюванні Блок 0 декомпозується на діаграмі A0, де цільова функція уточнюється за допомогою декількох блоків, взаємодія між якими описується за допомогою Дуг. У свою чергу, функціональні Блоки на діаграмі A0 можуть бути також декомпозовані для більш детального уявлення.

У результаті, імена функціональних блоків і інтерфейсні Дуги, що описують взаємодію всіх Блоків, представлених на діаграмі, утворюють ієрархічну взаємоузгоджену модель.

Хоча вершиною моделі є Діаграма рівня A-0, справжньою «робочою вершиною або структурою» є

Діаграма А0, оскільки вона є уточненими виразом точки зору моделі. Її зміст показує, що буде розглядатися в подальшому, обмежуючи наступні рівні в рамках мети проекту. Нижні рівні уточнюють зміст функціональних блоків, деталізуючи їх, однак, не розширюючи кордонів моделі.

Опис синтаксису мови моделювання. Основними елементами на IDEF0 діаграми є *Блоки* і *Дуги*.

Блоки служать для відображення функцій (дій), які виконуються моделюється системою. Сформульовані функції повинні містити дієслівний оборот.

дієслово + об'єкт дії + [додаток].

Наприклад: *покращити безпеку (захист) органів дихання працівника при обробці деталі на верстаті, передати документи до відділу забезпечення ЗІЗ та відділу охорони праці, розробити план-графік проведення аналізу, опублікувати матеріали ...*

Дуги служать для відображення інформації або матеріальних об'єктів, які необхідні для виконання функції або з'являються в результаті її виконання (об'єкти, оброблювані системою). Під об'єктами в рамках функціонального моделювання можуть розумітися документи, фізичні матеріали, інструменти, верстати, інформація, організації і навіть системи.

Місце з'єднання дуги з блоком визначає тип інтерфейсу.

Функції (дані) що керують виконанням, входять в блок зверху, в той час як *інформація*, на яку впливає функція, показана з лівого боку блоку; результати виходу показані з правого боку.

Механізм (людина або автоматизована система), що здійснює функцію, представляється дугою, що входить у блок знизу (рис. 5.2).

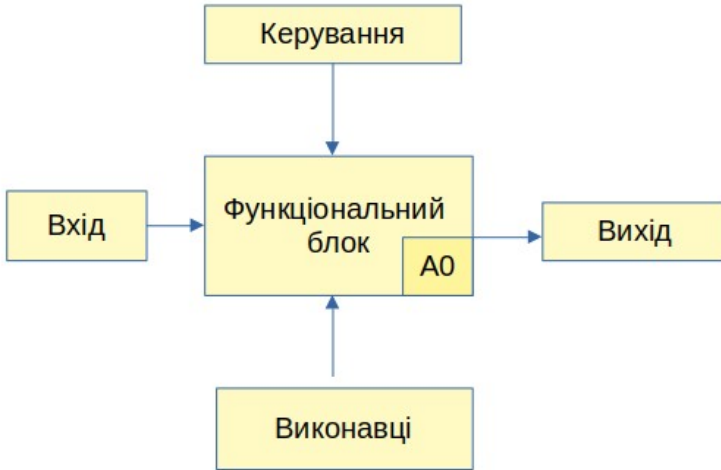


Рисунок 5.2 – Типи Дуг

Функціональний блок перетворює вхідну інформацію (дані, матеріали, засоби, завдання, цілі тощо) у вихідну (що потрібно отримати в результаті виконання даної функції). Управління визначає, коли і як це перетворення може або повинно відбутися. Механізм (або виконавці) безпосередньо здійснюють цей захід (рис.5.3).

За кожною Дугою закріплюється Зауваження, яке відображає суть інформації або об'єкта. Зауваження формулюється у вигляді обороту іменника, що відповідає на питання: «Що?».

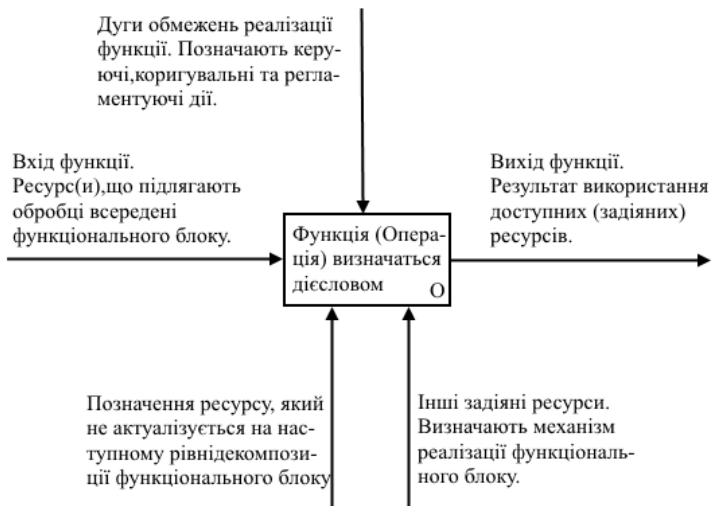


Рисунок 5.3 – Дуги, які обмежують і уточнюють фактори Блоку

Функціональні блоки на діаграмі зображуються у вигляді прямокутників, усередині яких записується ім'я функції і номер блоку (в правому нижньому кутку прямокутника).

Блоки розташовуються на діаграмі відповідно до їх ступеня важливості (на думку автора моделі). При цьому домінуючим є той блок, виконання функції якого впливає на виконання всіх інших функцій, представлених на Діаграмі. Наприклад, це може бути блок, що містить контролюючу або планувальну функцію, виходи якого є керуючими для всіх інших функціональних Блоків Діаграми. Приклад АО діаграми наведено на рис.5.4.

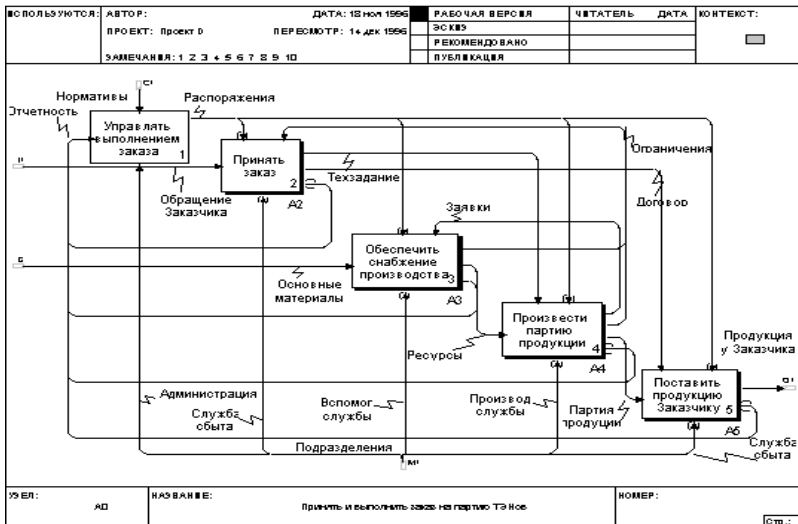


Рисунок 5.4 – Пример А0 Діаграми

Домінуючий блок поміщається, як правило, у верхньому лівому куті аркуша Діаграми, а *найменш важливий Блок* – в правому нижньому кутку.

Таким чином, ступінчастість *Блоків* на діаграмі відображає точку зору авторів статей про домінування одних *Блоків* щодо інших.

Дуже важливо пам'ятати, що домінування *Блоків* на Діаграмі НЕ задає чіткої часової залежності операцій.

Сторони блоку також мають певне значення. До лівого боку *Блоку* приєднуються вхідні дуги, до верхнього - керуючі *Дуги*, до правого – вихідні *Дуги*, а до нижнього – *Дуги* механізмів.

Дуги на IDEF0 Діаграмі зображуються у вигляді стрілок.

При IDEF0 моделюванні використовуються п'ять типів взаємозв'язків між *Блоками*, для опису їх відносин.

- Взаємозв'язок з управління, – коли вихід одного *Блоку* впливає (є керуючою) на виконання функції в іншому *Блоці* (рис.5.5).

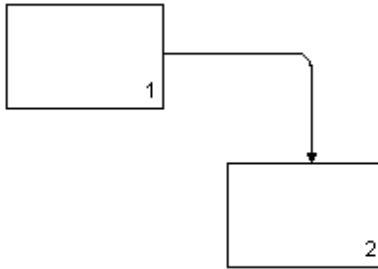


Рисунок 5.5 – Взаємозв'язок з управління

- Взаємозв'язок по входу, – коли вихід одного *Блоку* є входом для іншого *Блоку* (рис.5.6).

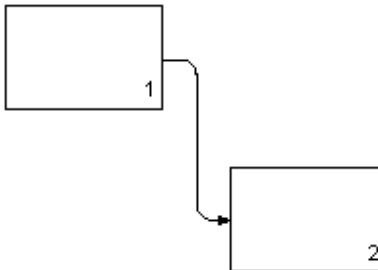


Рисунок 5.6 – Взаємозв'язок по входу

- Зворотній зв'язок з управління, – коли виходи з однієї функції впливають на виконання інших функцій, виконання яких в свою чергу впливає на виконання вихідної функції (рис.5.7)

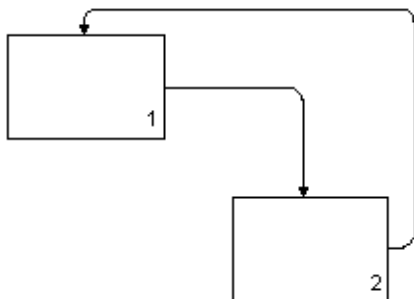


Рисунок 5.7 – Зворотній зв'язок з управління

- Зворотній зв'язок по входу, – коли вихід з однієї функції є входом для іншої функції, вихід якої є для нього входом (рис.5.8).

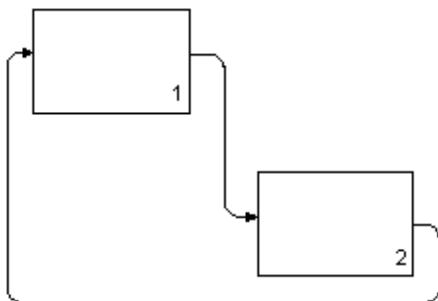


Рисунок 5.8 – Зворотній зв'язок по входу

- Взаємозв'язок «вихід-механізм», – коли вихід однієї функції є механізмом для іншої. Інакше кажучи, вихідна дуга одного блоку є дугою механізму для іншого. Такий тип зв'язку зустрічається рідко і відноситься найчастіше до підготовчих операцій (рис.5.9).

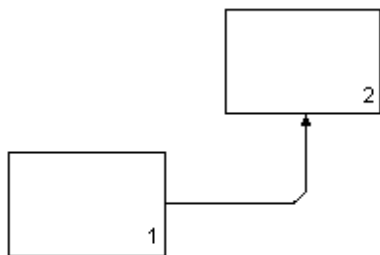


Рисунок 5.9 – Взаємозв'язок «вихід-механізм»

Оскільки зміст IDEF0 Діаграм уточнюється в ході моделювання поступово, *Дуги* на діаграмі рідко зображують один об'єкт. Найчастіше вони відображають певний набір об'єктів і можуть мати безліч початкових точок (джерел) і певну кількість кінцевих точок (приймачів). В ході розробки графічної Діаграми для відображення цієї особливості використовують механізм розгалуження/злиття *Дуг*. Це дозволяє не тільки уточнити з використанням Зауважень зміст кожної гілки розгалуженої *Дуги* (потоків об'єктів), а й більш точно описати з яких наборів об'єктів складається входить в функціональний *Блок-Дуга*, якщо вона отримана шляхом злиття.

Приклад. Розглянемо побудову графічної моделі IDEF0 для СУОП. На рис. 5.10 зображено Діаграму верхнього рівня A-0, яка відображає цільову функцію системи СУОП. Далі наведено рис.5.11 – 5.12 – діаграма A0, декомпозиція цільової функції на основні функції A1, A2, A3, A4, A5, A6, а також рисунки декомпозиції блоків рис.5.13 – 5.18.

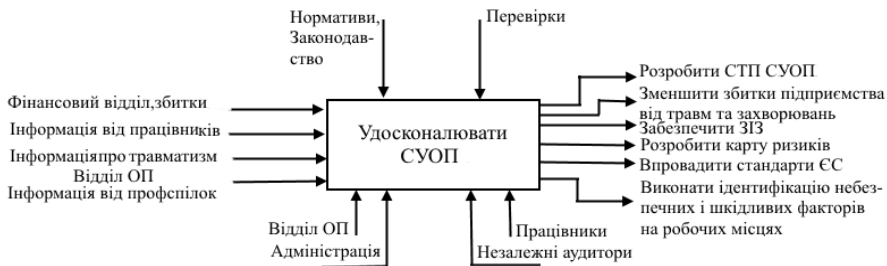


Рисунок 5.10 – Діаграма верхнього рівня А-0, що відображає цільову функцію системи

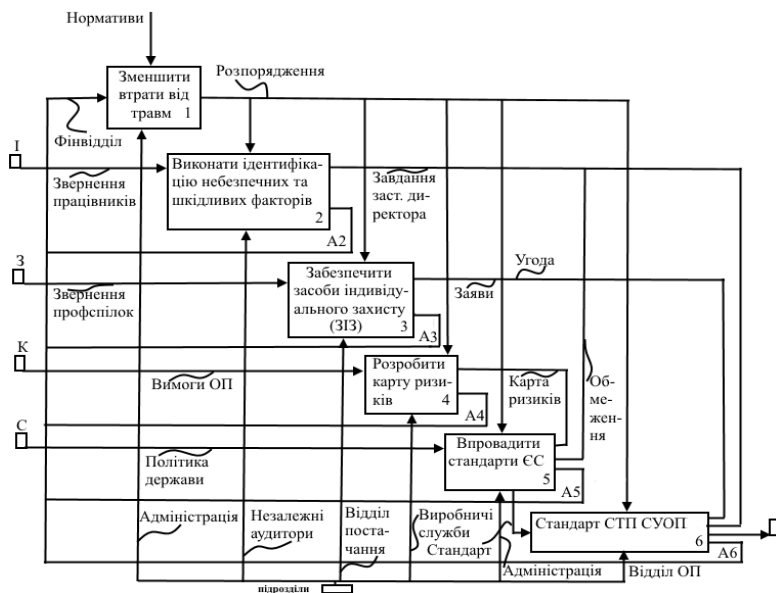


Рисунок 5.11 – Діаграма А0, декомпозиція цільової функції на основні функції А1, А2, А3, А4, А5, А6

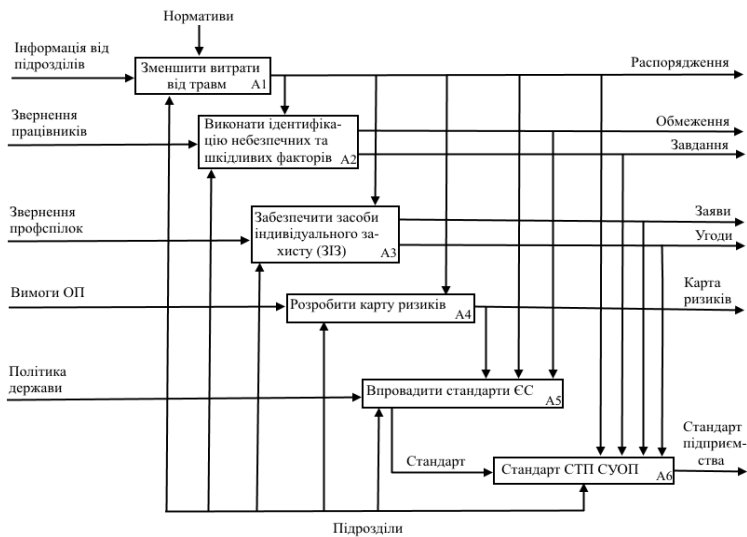


Рисунок 5.12 – Діаграма А0, що відображає декомпозицію цільової функції на основні функції А1, А2, А3, А4, А5, А6

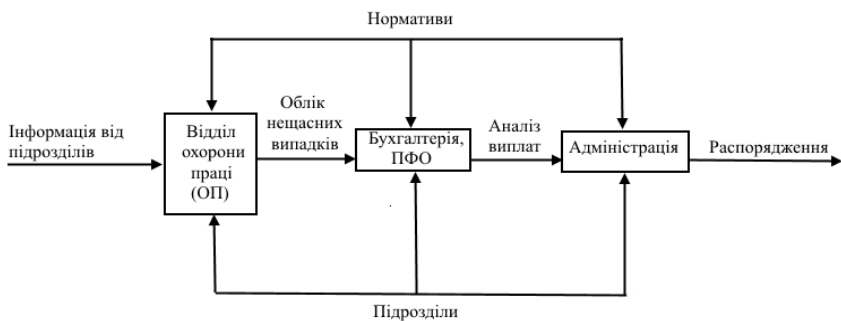


Рисунок 5.13 – Декомпозиція Блоку А1

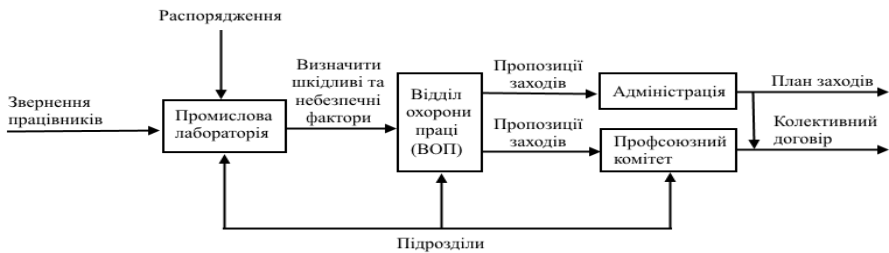


Рисунок 5.14 – Декомпозиція Блоку А2

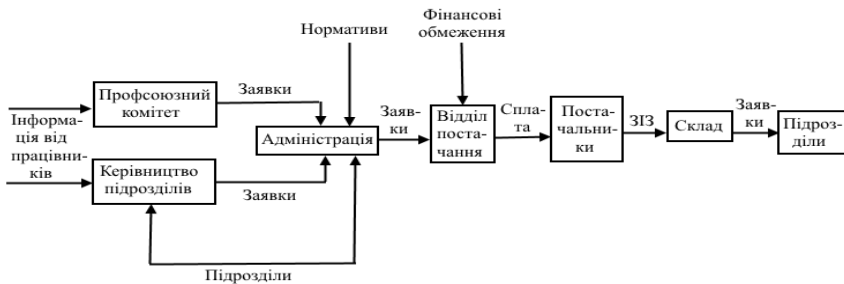


Рисунок 5.15 – Декомпозиція Блоку А3



Рисунок 5.16 – Декомпозиція Блоку А4

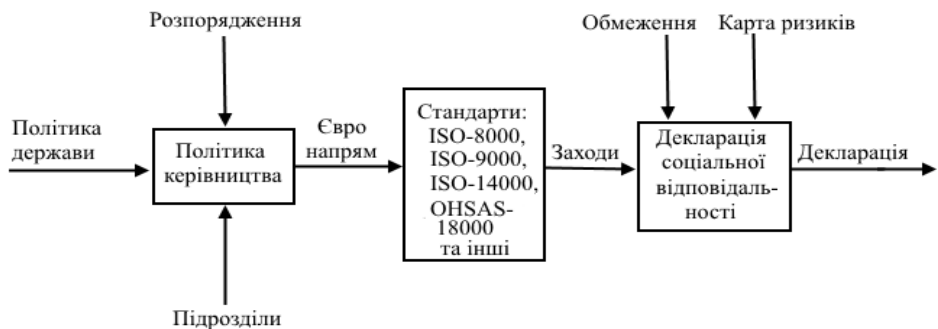


Рисунок 5.17 – Декомпозиція Блоку А5

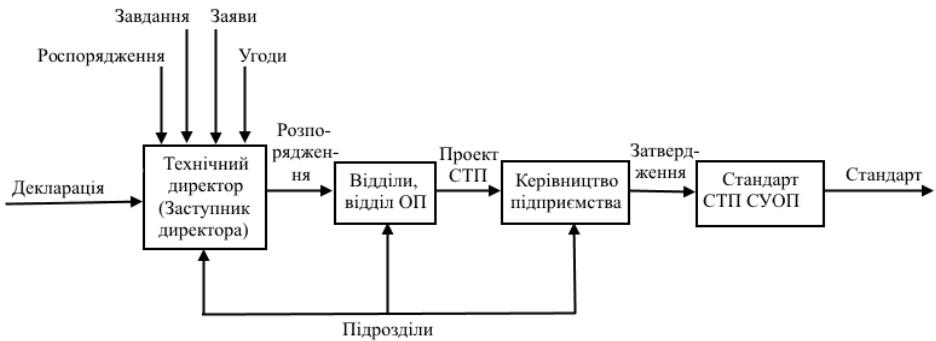


Рисунок 5.18 – Декомпозиція Блоку А6

Розроблена графічна модель допомогла визначити основні критичні ланки у системі керування охороною праці підприємства, удосконалення роботи яких надасть можливість покращити роботу підприємства у цілому. Основну увагу треба зосередити на *Блоках А2 та А5*, які торкаються безпосередньо питань ідентифікації небезпек, розробки і втілення соціальної політики керівництва підприємства.

5.4. Розробка підходів щодо удосконалення роботи відділу охорони праці на підприємстві із застосуванням підсистеми керування ризиками

Організація праці відділу охорони праці має багато серйозних недоліків, тому метою дослідження було визначити шляхи удосконалення організації праці відділу з

урахуванням сучасних вимог. Проведені дослідження та системний аналіз дозволяють розробити конкретні та обґрунтовані заходи. Організація праці у відділі охорони праці схематично наведено на рис.5.19. Для того, щоб відділ охорони праці став департаментом, який готує рішення з питань безпеки працівників на підприємстві та їх впровадження, треба зробити наступні заходи.

1. Удосконалити «Положення про відділ охорони праці», яке б визначало та конкретизувало коло функцій та обов'язків. Ці працівники повинні мати відповідні повноваження та нести відповідальність за повноту, своєчасність та якість виконання покладених на них завдань щодо забезпечення, організації та контролю безпеки праці. «Положення про відділ охорони праці» повинно розроблятися відповідно до нормативних актів.

2. Розглянути питання щодо створення *громадського* відділу охорони праці та його положення.

3. Переглянути розпорядок дня роботи відділу охорони праці та його структурних одиниць, а також розпорядок роботи керівника відділу охорони праці. Розпорядок роботи відділу охорони праці, повинен відповідати розпорядку роботи підрозділів підприємства.

4. Удосконалити систему збору, обліку та аналізу первинних даних, що характеризують стан питань з безпеки на підприємстві у кожному підрозділі та на підприємстві у цілому. Ця система (база даних), разом з «Положенням про відділ охорони праці», дозволить встановити оптимальні інформаційні зв'язки відділу з іншими підрозділами підприємства, обсяг, строки та

форми відомостей, що надходять та виходять, напрям системного аналізу та інше.

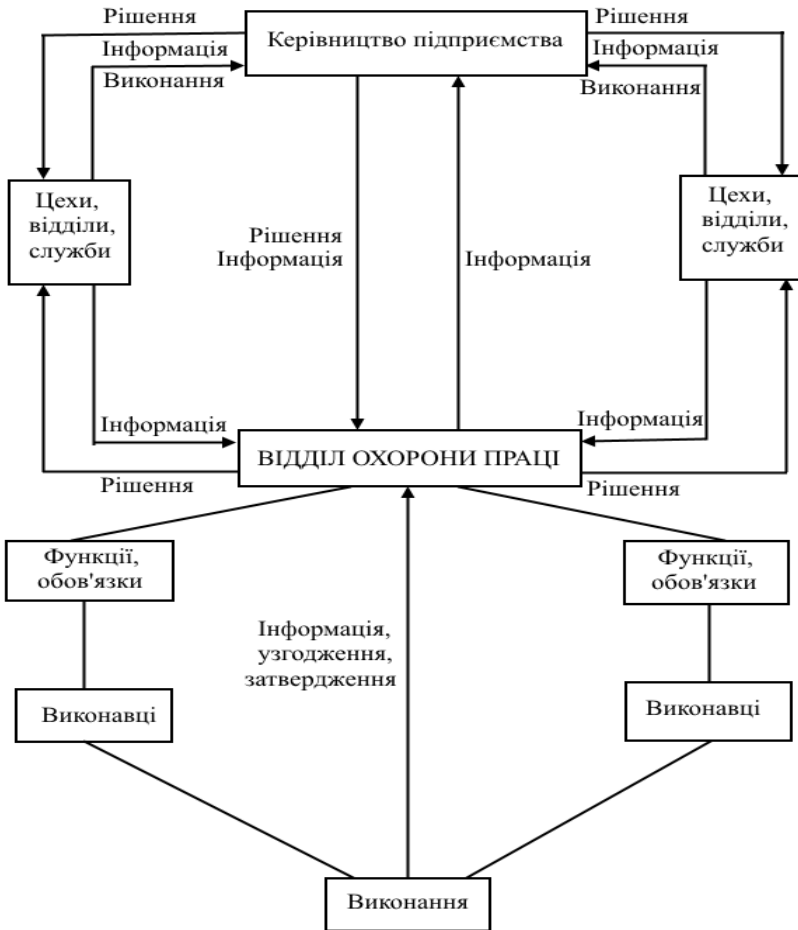


Рисунок 5.19 – Схема діючої організації роботи відділу охорони праці

5. Переглянути посадові інструкції працівників відділу охорони праці. Це дозволить чітко та конкретно визначати місто і роль кожного працівника у відділі з виконання певних функцій, права та відповідальність за повноту, якість та своєчасність їх виконання.

6. Зробити аналіз та удосконалити технологію виконання найбільш визначних справ, які частіш за все повторюються одним чи кількома працівниками відділу охорони праці.

Якщо б виконання цих заходів залежало лише від працівників відділу охорони праці та було спрямовано на організацію праці лише в цьому відділі, це потребувало би певний час для їх впровадження. Оскільки організація роботи відділу охорони праці неможлива без оптимізації зв'язків з керівництвом, лінійними та функціональними підрозділами підприємства, тим більш потрібен вдумливий і обґрунтований вибір заходів, які необхідно впровадити в першу чергу, та визначити послідовність їх виконання.

Займатися цим питанням потрібно ще й тому, що безпека у роботі, добре самопочуття та бажання й далі виконувати на підприємстві, значною мірою залежить від тих умов праці та заходів, що впроваджуються відділом охорони праці. Чим більш зацікавлено та уважно ставитиметься керівництво до питань безпеки та здоров'я працівників, тим більш вірогідність того, що випадки травматизму та професійних захворювань зменшатимуться, а працездатність та прибуток зростатимуть. Саме це дає підстави для початку впровадження удосконаленої організації роботи відділу охорони праці з новітньої системи управління охороною

праці на підприємстві. Схема удосконаленої організації роботи відділу охорони праці наведена на рис. 5.20.

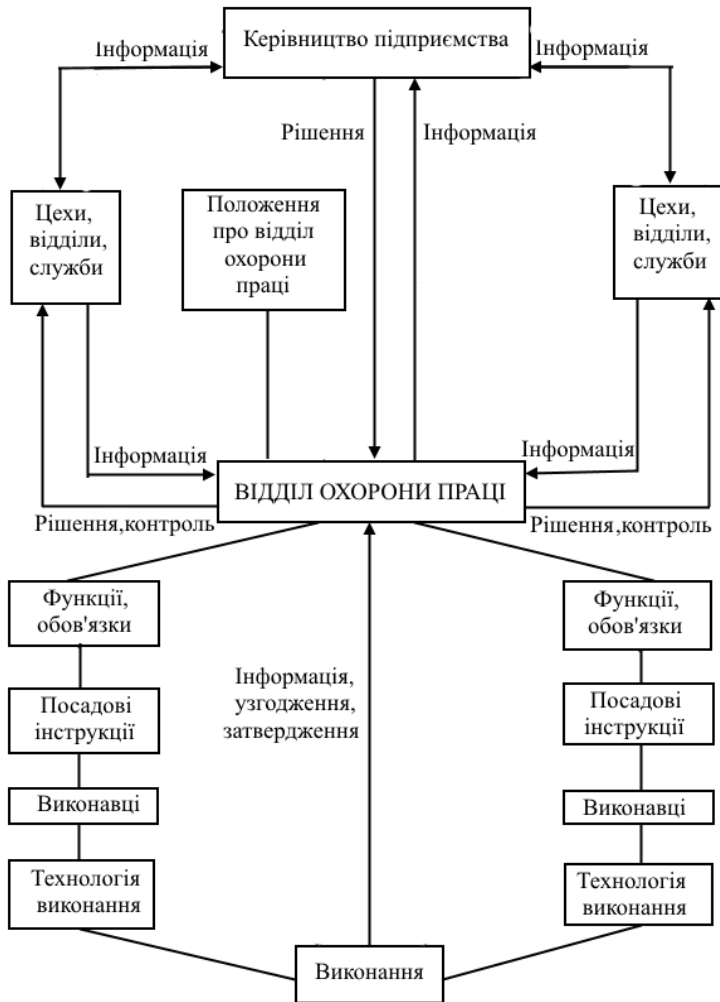


Рисунок 5.20 – Схема удосконаленої організації роботи відділу охорони праці

Атестаційною комісією підприємства повинна проводитися робота з оцінки діяльності працівників управління 1-го рівня (рис. 5.1). На завершальному етапі отримана оцінка за результатами роботи атестаційної комісії, потребує ретельного аналізу та висновків. Необхідно розробити заходи з подальшого покращення роботи відділу охорони праці та стимулюванню керівних кадрів, які опікуються впершу чергу питаннями безпеки праці на підприємстві..

5.5. Контрольні запитання

Функціональний опис системи.

Вигляд функціонального опису системи в будь-якій динамічній системі .

Загальна ефективність системи – вектор – функціонал.

Графічні способи функціонального опису систем.

Цільова функція системи.

Короткий опис методології IDEF0.

6. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОПИС І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

6.1. Підходи до обміну інформацією на підприємстві

Головна відмінність підходу до вивчення будь-якого об'єкта як системи полягає в тому, що дослідник не обмежується розглядом і описом тільки речової і енергетичної його сторін, а й (насамперед) проводить дослідження його інформаційних аспектів: цілей, інформаційних потоків, управління, організації та інше.

Створення нових і вдосконалення існуючих об'єктів (систем) залежать від вирішення питань, що дозволяють аналізувати наявну інформацію, відсіювати її надлишкову частину, виділяти основну, здійснювати оцінку та забезпечувати формування альтернатив для прийняття рішень.

Будь-яка більш-менш складна економічна система в процесі свого існування споживає і виробляє великий обсяг інформації. Більш того, сьогодні можна однозначно стверджувати, що обсяг інформації, необхідний для нормального функціонування економічних об'єктів, і вимоги до швидкості сприйняття інформації економічною системою неухильно зростає. Це не обходить і систему керування охороною праці підприємства, особливо в умовах євроінтеграції.

Підприємства виробляють обмін інформацією як усередині себе, так і зовні (в «горизонтальному» і «вертикальному» напрямі (рис. 6.1).

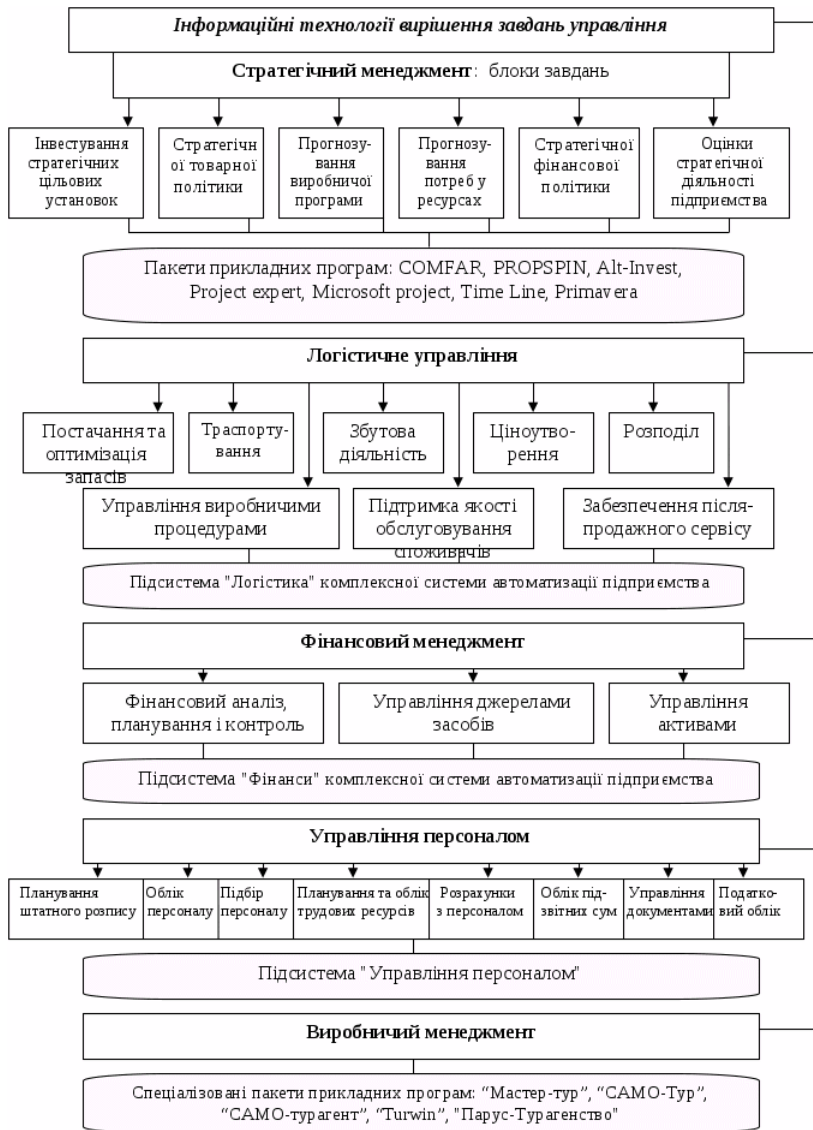


Рисунок 6.1 – Інформаційні технології вирішення завдань управління на підприємстві

Річний оборот великого промислового підприємства задокументованих даних може досягати двохмільйонного рубежу і містити абсолютно фантастичну цифру показників – понад сто мільйонів одиниць (рис.6.2).

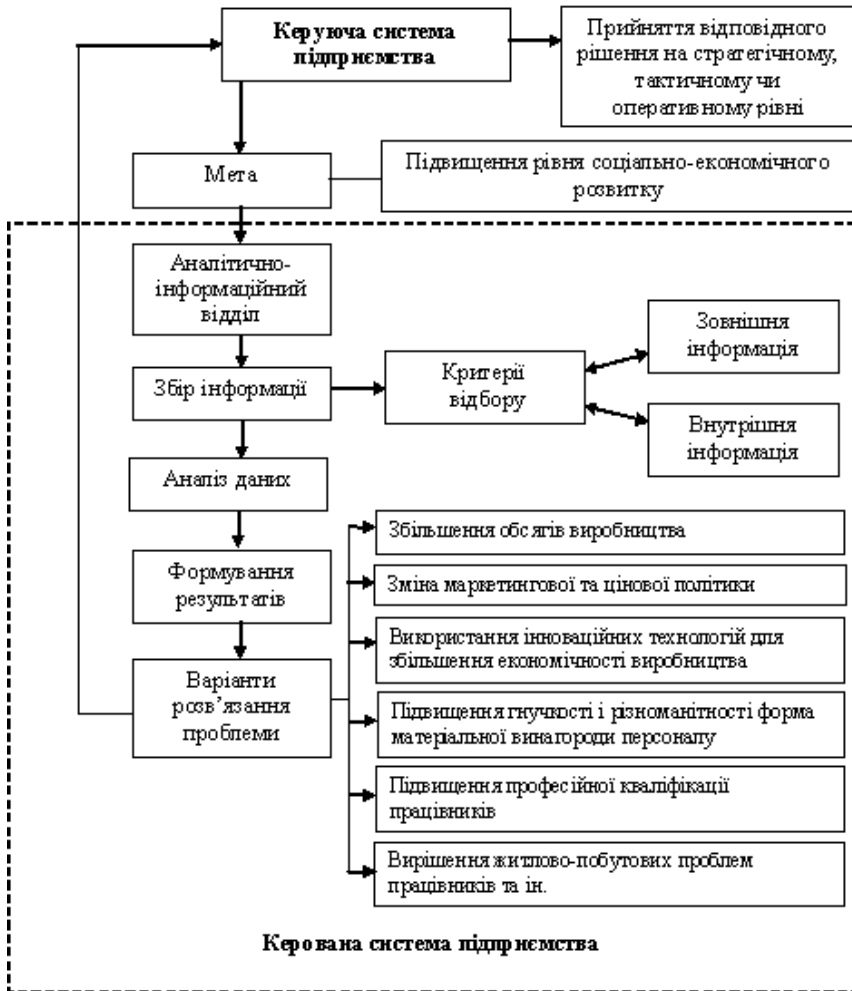


Рисунок 6.2 – Типові схеми керування підприємством із застосуванням інформаційних технологій

Однак слід відзначити, що кількість даних у звітах неадекватно інформації, що міститься в них. Зазвичай під *інформацією* розуміють тільки ті дані, які сприяють вирішенню завдань, поставлених перед дослідником. З літературних джерел відомо, що тільки 10-30% даних, що циркулюють в економічних системах, безпосередньо використовуються при вирішенні завдань. Інші дані не використовуються взагалі. Нижче наведено типові схеми керування підприємством із застосуванням інформаційних технологій, однак як видно із цих схем, на них відсутня підсистема керування професійною безпекою і здоров'ям працівників (рис.6.3). Це доводить, що у минулому та і зараз, питанням безпеки в Україні не приділяли належної уваги. Ринкові умови господарювання і сучасні комп'ютерні технології зажадали від економічних систем нових форм організації інформаційних потоків.

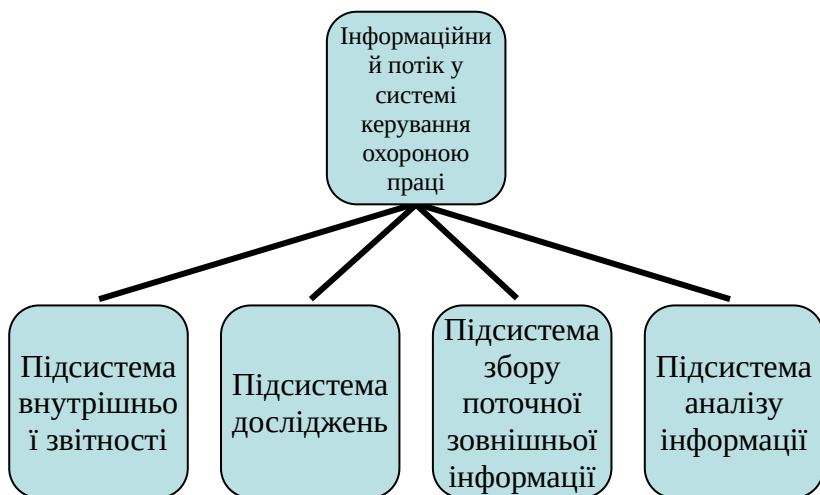


Рисунок 6.3 – Схема інформаційної системи керування в охороні праці

Як приклад можна привести систему маркетингової інформації, яка сама по собі представляє постійно змінюється складну систему з чотирьох підсистем: внутрішньої звітності, досліджень, збору поточної зовнішньої інформації, аналізу інформації. Ця система може бути прототипом для інформаційній складовій в питаннях охорони праці.

6.2. Інформаційний опис системи

Інформаційне опис має давати уявлення про організацію та управління системою.

Термін інформація має кілька значень:

1. *Сукупність* будь-яких відомостей, знань про що-небудь;
2. *Відомості*, що є об'єктом зберігання, передачі і переробки (журнали, акти, приписи тощо);
3. Сукупність кількісних даних, що виражаються за допомогою цифр або кривих, графіків і використовуються під час збору і обробки будь-яких відомостей (статистичні данні щодо травмаізму та профзахворювань);
4. Відомості, сигнали про навколишній світ, які сприймають організми в процесі життєдіяльності (фактори навколишнього середовища);
5. У біології – сукупність хімічно закодованих сигналів, які передаються від одного живого організму іншому (від батьків – нащадкам) або від одних клітин, тканин, органів іншим в процесі розвитку особи (результати медичних оглядів працівників, лікарняні листи тощо) ;
6. У математиці, кібернетиці – кількісна міра усунення ентропії (невизначеності), міра організації системи (випадки порушення вимог охорони праці керівниками та працівниками) ;
7. У філософії – властивість матеріальних об'єктів і процесів зберігати і породжувати певний стан, яке в різних

матеріально-енергетичних формах може бути передано від одного об'єкта іншому; ступінь, міра організованості будь-якого об'єкта (системи) (організація роботи з питань охорони праці у підрозділах, проведення інструктажів, обмін досвідом, заохочення працівників що працюють багато років без порушень правил безпеки праці тощо).

Визначення 1 – 4 трактують інформацію як відомості, дані, повідомлення, сигнали, що підлягають передачі, прийому, обробці, зберіганню і відображають реальну дійсність або інтелектуальну діяльність.

У цьому сенсі інформація - відображення в деякий простір символів. Надалі будемо називати її інформацією що *відображує*.

У всіх визначеннях, крім останнього, інформація розглядається як об'єднуюча категорія, яку можна визначити через простіші категорії. В останньому визначенні інформація - початкова, невизначена категорія, яку потрібно вивчати через її властивості, тобто інформація матеріальна (як і речовина і енергія), що проявляється у тенденції (властивості) матерії до організації (як енергія що здатна до взаємодії), висловлює здатність організованої матерії до визначення своїх станів (що зв'язує просторові властивості з тимчасовими).

Те, що це дійсно так, впливає з таких, що спостерігаються в повсякденній практиці, властивостей систем. При незмінній морфології їх поведінку і функціонування в значній мірі визначають інформацією, що доставляється *рецепторними підсистемами*. Аналогічно енергія визначається як загальна міра різних процесів і видів взаємодії. Вирішення питань охорони праці, завжди було і залишається пов'язаним із ефективністю роботи рецепторів працівника та аналізу змін що із ними відбуваються під впливом шкідливих та небезпечних факторів оточуючого середовища.

Фізично інформація визначає передбачуваність властивостей і поведінки об'єкта в часі. Чим вище рівень організації (більше інформації), тим менш схильності щодо впливу дії середовища (рис.6.4).

Можливо, що форми організації взаємно перетворюються в строгих кількісних співвідношеннях, які висловлюються за допомогою інформації. Довести це можна тільки експериментально (як і для кількісних форм руху, тобто енергетичних еквівалентів).

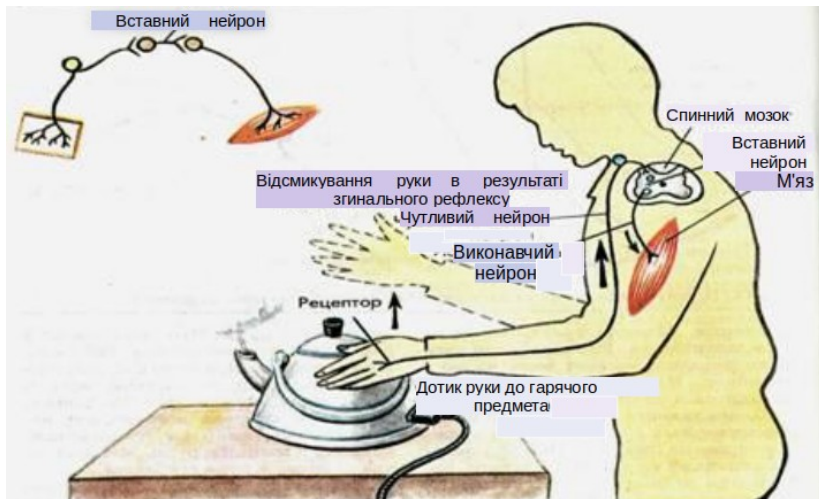


Рисунок 6.4 – Реакція організму людини на дотик до гарячого предмета

Кількість і цінність інформації – взаємодоповнюючі категорії. Можна говорити про кількість цінної інформації стосовно заданої мети подібно до того, як ми говоримо про кількість цінного виду енергії або речовини.

Формальне визначення первинних понять завжди складно. Визначаючи енергію як здатність виконувати роботу, ми з самого початку допускаємо помилку: *енергія – не здатність, а щось, що володіє здатністю*. Не дивлячись на це, ми користуємося цим визначенням, розуміючи і визнаючи його неповноцінність.

Ентропія є мірою безладу, негентропії – міра порядку, організованості. Але визначення організованості у фізиці немає, існує інтуїтивне сприйняття цього поняття.

Організованість є первинна категорія.

Організованість, впорядкованість системи – здатність визначати свою перспективу, своє майбутнє. Зрозуміло, перспектива системи залежить і від середовища. Але ж і здатність системи здійснювати роботу залежить від середовища, що не впливає на визначення енергії.

Чим більше не впорядкована система, тим більше залежить її перспектива від випадкових чинників (внутрішніх і зовнішніх). Підвищення впорядкованості означає збільшення залежності між факторами, що визначають поведінку (стан) системи. Стосовно до зовнішніх випадкових факторів це означає наявність в системі можливостей встановлення відповідності між властивостями середовища і функціями системи. Встановлення відповідності вимагає відображення середовища в системі.

Таким чином, *міру організованості можна розуміти як потенційну міру передбачуваності майбутнього системи, кількісну характеристику можливості передбачення стану (поведінки) системи*.

Інформація про організацію системи – це кількісна характеристика можливості передбачення її стану (поведінки) на відповідному рівні деталізації системи.

Інформація про середовище – кількісна характеристика можливості передбачення впливу

середовища. Інформація про організацію системи становить частину її внутрішньої інформації.

6.3. Теорія інформації

У теорії інформації розглядають *синтаксичний*, *семантичний* і *прагматичний* аспекти інформації.

На *синтаксичному* рівні розглядаються внутрішні властивості тексту (структура), тобто відношення між знаками (алфавіту), що відображають структуру даної знакової системи.

На *семантичному* рівні аналізуються *відносини* між знаками і позначаються ними предметами, діями, якостями, тобто смисловим змістом тексту.

На *прагматичному* рівні розглядаються відносини між текстом і тим, хто його використовує, тобто цінність інформації для споживача. При цьому інформацію оцінюють як і будь-який продукт з тих споживчими властивостями, якими вона володіє (наприклад, змістовністю інформації, зручністю для сприйняття, своєчасністю). Крім того, цінність інформації характеризується її *актуальністю*, *надійністю*, *достовірністю*.

Часто *цінність інформації* виражається через збільшення ймовірності досягнення мети: якщо до отримання інформації ймовірність досягнення мети була P_0 , а після отримання інформації – P_1 , то величина цінності інформації визначається за формулою Харкевича:

$$I_0 = \log_2(P_1/P_0), \quad (6.1)$$

Очевидно, що вона може бути і негативною, якщо $P_1 < P_0$

Інформація з часом знижує свою цінність. Можливі дві причини:

1. Знецінення інформації в кінцевому джерелі в міру її використання;
2. Старіння інформації, через затримку при її передачі і переробці.

При інформаційному підході досліджувана система в найбільш абстрактному вигляді може бути представлена *ієрархічною структурою, на нижньому рівні* якої знаходяться ділянки технологічного процесу, *а на більш високих* – вузли управління, пов'язані з об'єктами управління і між собою каналами зв'язку.

Перший інформаційний рівень – це рівень безпосереднього управління технологічними операціями, який здійснюють робочі і автомати (роботи). *На наступних* утворюються виробничо-технологічні підрозділи (ділянки, цехи) і підприємства. Залежно від поставлених завдань дослідник сам визначає кількість рівнів в системі, сутність кожного елементу структури системи і їх кількість.

Інформація, що циркулює в системі може проявлятися в 3-х формах:

- *усвідомлююча* – рух переважно від об'єктів управління до відповідних вузлів керування (як правило, інформація передається по каналах зворотного зв'язку);
- *керуюча* – рухається в зворотному напрямку і містить вказівки, директиви і т.п.;
- *перетворююча* – визначає закономірності поведінки вузла управління та алгоритми функціонування його окремих елементів.

Вузли керування перетворюють інформацію що інформує у керуючу за допомогою перетворюючої інформації, яка міститься у структурі і алгоритмах вузла управління.

По мірі руху вгору по ієрархії інформація поступово узагальнюється, перетворюється в різних вузлах управління і надходить в головний вузол управління, що знаходиться на вершині ієрархії.

Цей вузол, використовуючи отриману інформацію що інформує (первинна), генерує керуючу інформацію, яка рухаючись вниз деталізується в нижчих вузлах. Чим менше потрібно інформації від вищестоящих вузлів для формування інформації управління в деякому і-му вузлі, тим більш автономний цей вузол.

Для досягнення мети і під цілей управління (реалізації дерева цілей) досить важливо, щоб у відповідні вузли управління стікалася тільки цінна інформація і щоб її було достатньо. Тому в процесі управління складними системами на перший план виступають смислові і ціннісні характеристики інформації.

Первинна і керуюча інформація можуть генеруватися і споживатися як всередині системи управління, так і поза нею, утворюючи інформаційні потоки, що зв'язують систему управління з зовнішнім середовищем.

Фактично інформаційні потоки системи є відображенням функціональної і структурної організації досліджуваного об'єкта в ракурсі механізму прийняття рішень всередині системи.

До параметрів інформаційних потоків відносять:

1. Загальний час реагування;
2. Інтенсивність;
3. Надмірність;
4. Дублювання;
5. Нестабільність;
6. Похибка;
7. Форми подання.

Для кількісної оцінки інформаційних потоків в економічних системах відомі наступні характеристики:

1. *Коефіцієнт трансформації* x/y , де x – число вхідних показників, а y – число вихідних показників, що мають розмірність потоку за певний час – годину, день, місяць, рік. У вертикальних зв'язках даний коефіцієнт отримав назву *коефіцієнта стиснення*.
2. *Коефіцієнт комплексності* $\Sigma k_i/x$, де k_i – число часток вхідного показника i -го у розробці інших показників.
3. *Коефіцієнт стабільності* s/x , де s – число тих показників, що залишаються незмінними за певний період (показує ступінь стійкості інформаційних масивів).

При інформаційному описі систем прийнято також використовувати поняття кількості різноманітності. При одному єдиному стані системи різноманітність відсутня, воно з'являється, як мінімум, при наявності двох можливих станів досліджуваної системи. У загальному випадку об'єкт спостереження A може з певною ймовірністю перебувати в одному з k різних станів.

Кількість різноманітності або невизначеність, що характеризує об'єкт, прийнято оцінювати *середньозваженою величиною логарифмів ймовірностей різних станів* (результатів). Міру невизначеності, $H(p)$, або ентропію (за аналогією з відомим поняттям термодинаміки) ввів К. Шеннон:

$$H(p) = \sum P_i \cdot \text{Log}_2(1/P_i), \quad (6.2)$$

де P_i – ймовірність i -го стану системи.

Інформація протилежна ентропії, яка є мірою невизначеності станів досліджуваного об'єкта. Інформація обмежує різноманітність, знижує ентропію, усуває невизначеність частково або повністю. За Шенноном, показник інформації про подію дорівнює зменшенню

ентропії в системі, викликаної невизначеністю настання події. Однак не слід забувати, що теорія інформації розроблялася Шенноном для вирішення завдань передачі інформації по каналах зв'язку в технічних системах, а отже, її застосування при інформаційному описі складних економічних систем вельми проблематично і в кожному окремому випадку вимагає окремого доказу.

Інформація для вузла управління проявляється в 2-х видах – така що задає *мету* і така що змінює або *задає алгоритм управління*. Все це призводить до того, що інформаційна структура управління складною системою є графом з переважно впорядкованими вершинами, який лише в окремому випадку зводиться до ієрархічного дерева.

В ході інформаційного аналізу в системі виділяють рівні ієрархії управління, окремі вузли управління (інформаційні елементи) і зв'язують їх потоки інформації. Вся система представляється у вигляді спрямованого графа, вершинами якого служать вузли управління, а ребрами – інформаційні потоки. Напрямок ребер відповідає напрямку інформаційних потоків. Оскільки потоки керуючої і інформуючої інформації мають, як правило, протилежну спрямованість, то в загальному випадку будується 2 графа.

Рух інформації у системі СКОПП носить складний характер і повністю відображає ієрархічну структуру економічного об'єкту (рис.6.5).

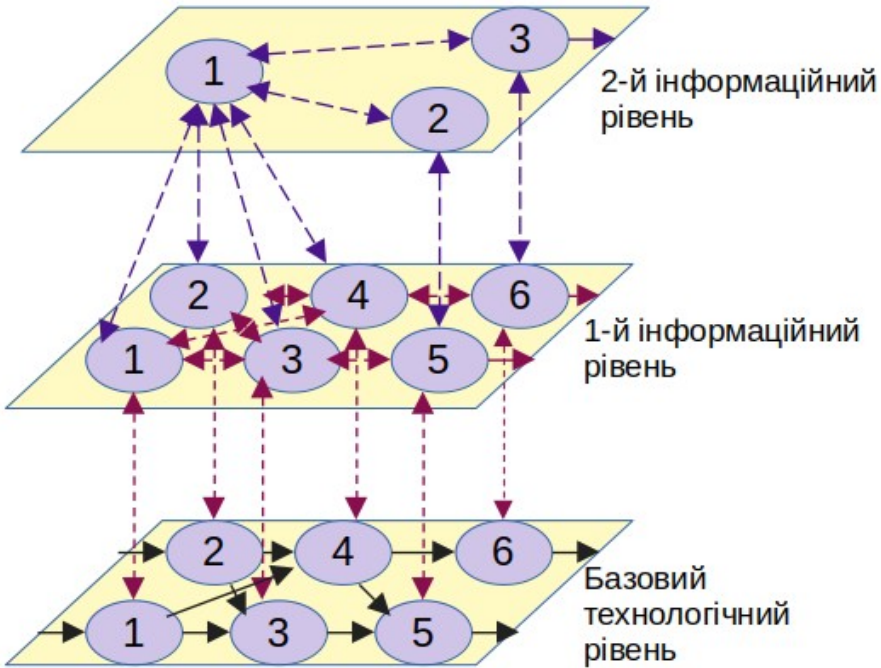


Рисунок 6.5 – Рух інформації у системі СКОПП

Результатом інформаційного опису системи є:

1. Визначення складу інформаційних елементів,
2. Складу і структури інформаційних потоків між ними,
3. Кількість і цінність інформації, що надходить (вихідної) в (з) інформаційних елементів;
4. Алгоритмів перетворення інформації у відповідних інформаційних елементах.

Сукупність функціонального, морфологічного і інформаційного описів дозволяє відобразити основні характеристики систем. Функціональні процеси в системі тісно пов'язані з інформаційними. Джерелом інформації для функціонування системи є внутрішній ресурс і

середовище, а носієм – речовина (морфологічна інформація) і енергія (сигнали). Сприйняття і використання інформації з середовища також вимагає внутрішньої інформації.

Приклад 1. При зносі механічної деталі або електронного блоку втрачається інформація (втрати речовини можуть бути або незначними, або зовсім відсутні). Замінити деталь справною означає заповнити інформаційну втрату системи (в даному випадку за допомогою системи вищого порядку). Априорна інформація міститься в інших деталях (блоках) системи, які передбачаються справними і без яких нова деталь марна.

Приклад 2. Живі істоти сприймають морфологічну інформацію через їжу і використовують її для відновлення і розвитку організму. Інформація, яка визначає функції травлення і засвоєння морфологічної інформації, зосереджена головним чином в ДНК, РНК і ферментах травних органів.

Приклад 3. Людина сприймає подібну і семантичну інформацію, що надходить від рецепторів, завдяки понятійному і категорійного апарату, виробленого раніше. Мова емоцій категорій мистецтва не може бути виражений ні на якому природному або формальній мові. Мистецтво вимагає для сприйняття априорних даних, тобто певної підготовки. Фраза «Справжнє мистецтво зрозуміло всім» означає тільки те, що естетичну насолоду, що породжується деякими видами мистецтва, засноване на вельми поширених і легко засвоєваних поняттях, що виникають у людини в ранні роки життя в процесі спілкування з природою та іншими людьми. Асоціація виникає в процесі формування особистого досвіду: «Запах може нагадувати нам квітку, але тільки якщо він був нам

раніше відомий». Громадська думка формується на підставі узагальнених спостережень і укорінених уявлень.

Існує екстремальна залежність кількості сприймають інформації від кількості апріорної інформації. *При нульовій і нескінченній апріорній інформації з носія черпається нульова інформація.* Існує деяке значення апріорної інформації, при якому засвоюється максимальна інформація. *Для максимального засвоєння, морфологія носія апріорної інформації повинна бути досить близькою до морфології носія нової інформації* (елементи нової деталі повинні сполучатися з іншими деталями машини).

Результатом структурного, функціонального і інформаційного опису системи повинно бути повне уявлення про механізм її функціонування. Особливості системного підходу в даному випадку полягають в наступному:

1. При системному розгляді об'єктів ми отримуємо інформацію про зв'язок їх можливих станів з станами інших об'єктів;
2. Застосування системного підходу в окремих випадках дає неспотворене уявлення про справжній механізм функціонування системи, що є кращою альтернативою поширеній методу "чорного ящика";
3. При розгляді практично будь-якого об'єкта виявляються певні обмеження, що накладаються на його можливі стани. Ці обмеження є важливим фактором, що впливає на процес управління об'єктом. Застосування системного підходу дозволяє максимально уточнити модель обмежень стану об'єкта шляхом врахування обмежень, що накладаються структурою і механізмом функціонування системи на можливі стани об'єкта;
4. При вирішенні задач планування і оптимізації щодо складних систем застосування системного підходу дає рішення, оптимальне саме при обліку системного

характеру розглянутого об'єкта, яке може якісно відрізнятися від рішення, отриманого без застосування системного підходу.

6.4. Контрольні запитання

- Підходи до обміну інформацією на підприємстві.
- Термін інформація та його значення.
- Кількість і цінність інформації.
- Ентропія та негентропія.
- Організованість, впорядкованість системи.
- Аспекти теорії інформації.
- Визначення цінності інформації.
- Форми прояву інформації яка циркулює у системі.
- Параметри інформаційних потоків.
- Кількісна оцінка інформаційних потоків.
- Міра невизначеності (ентропія) Шеннона.
- Що є результатом інформаційного опису системи.

.

7. СТРУКТУРА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

7.1. Загальний підхід до вирішення проблем у реальної системі

Загальний підхід до вирішення проблем може бути представлений як цикл (рис.7.1).

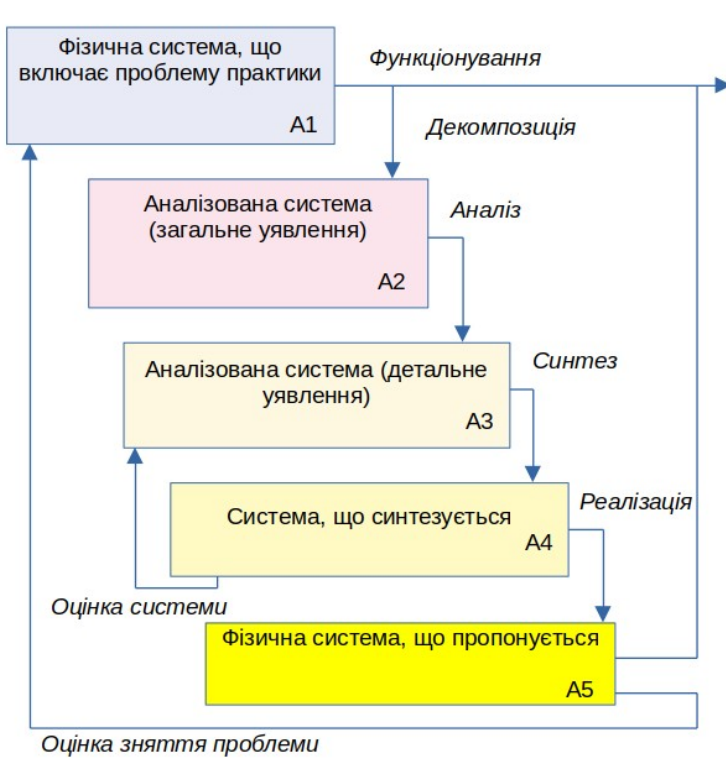


Рисунок 7.1 – Загальний підхід до вирішення проблем

При цьому в процесі функціонування реальної системи виявляється проблема практики як невідповідність існуючого стану справ необхідному. Для вирішення проблеми проводиться системне дослідження (декомпозиція, аналіз і синтез) системи, що знімає проблему. В ході синтезу здійснюється оцінка аналізованої і синтезується систем. Реалізація синтезованої системи у вигляді пропонованої фізичної системи дозволяє провести оцінку ступеня зняття проблеми практики і прийняти рішення на функціонування модернізованої (нової) реальної системи. При такому поданні стає очевидним ще один аспект визначення системи: система є засіб вирішення проблем. Основні завдання системного аналізу можуть бути представлені у вигляді три-рівного дерева функцій (рис.7.2).

На етапі декомпозиції, що забезпечує загальне уявлення системи, здійснюються:

1. Визначення і декомпозиція загальної мети дослідження і основної функції системи, як обмеження траєкторії в просторі станів системи або в області допустимих ситуацій. Найбільш часто декомпозиція проводиться шляхом побудови дерева цілей і дерева функцій.

2. Виділення системи з середовища (поділ на систему/«не систему») за критерієм участі кожного елемента, що розглядається в процесі, що приводить до результату на основі розгляду системи, як складової частини над системи.

3. Опис факторів, що впливають.

4. Опис тенденцій розвитку, невизначеностей різного роду.

5. Опис системи як «чорного ящика».



Рисунок 7.2 – Основні завдання системного аналізу

6. Функціональна (за функцією), компонентна (по виду елементів) і структурна (по виду відносин між елементами) декомпозиції системи.

Глибина декомпозиції обмежується. Декомпозиція повинна припинитися, якщо необхідно змінити рівень абстракції – представити елемент як підсистему. Якщо при декомпозиції з'ясовується, що модель починає описувати внутрішній алгоритм функціонування елемента замість закону його функціонування у вигляді «чорного ящика», то в цьому випадку відбулася зміна рівня абстракції. Це означає вихід за межі мети дослідження системи і, отже, викликає припинення декомпозиції.

В автоматизованих методиках типовою є декомпозиція моделі на глибину 5-6 рівнів. На таку глибину декомпозується зазвичай одна з підсистем. Функції, які вимагають такого рівня деталізації, часто дуже важливі, і їх детальний опис дає ключ до секретів роботи всієї системи.

У загальній теорії систем доведено, що більшість систем можуть бути декомпозовані на базові уявлення підсистем.

До них відносять:

- послідовне (каскадне) з'єднання елементів,
- паралельне з'єднання елементів,
- з'єднання за допомогою зворотного зв'язку.

Проблема проведення декомпозиції полягає в тому, що в складних системах відсутня однозначна відповідність між законом функціонування підсистем і алгоритмом його реалізації. Тому здійснюється формування декількох варіантів (або одного варіанту, якщо система відображена у вигляді ієрархічної структури) декомпозиції системи.

7.2. Стратегії декомпозиції

Розглянемо деякі стратегії декомпозиції що найбільш часто застосовуються.

Функціональна декомпозиція. Декомпозиція базується на аналізі функцій системи. При цьому ставиться питання що робить система, незалежно від того, як вона працює. Підставою розбиття на функціональні підсистеми служить спільність функцій, які виконуються групами елементів.

Декомпозиція по життєвому циклу. Ознака виділення підсистем – зміна закону функціонування підсистем на різних етапах циклу існування системи «від народження до загибелі». Рекомендується застосовувати цю стратегію, коли метою системи є оптимізація процесів і коли можна визначити послідовні стадії перетворення входів у виходи.

Декомпозиція по фізичному процесу. Ознака виділення підсистем – кроки виконання алгоритму функціонування підсистеми, стадії зміни станів. Хоча ця стратегія корисна при опису існуючих процесів, результатом її часто може стати занадто послідовний опис системи, яка не буде в повній мірі враховувати обмеження, що диктуються функціями один одному. При цьому може виявитися прихованою послідовність управління. Застосовувати цю стратегію слід, тільки якщо метою моделі є опис фізичного процесу як такого.

Декомпозиція по підсистемах (структурна декомпозиція). Ознака виділення підсистем – сильний зв'язок між елементами по одному з типів відносин (зв'язків), що існують в системі (інформаційних, логічних, ієрархічних, енергетичних тощо). Силу зв'язку, наприклад, за інформацією можна оцінити коефіцієнтом інформаційної взаємозв'язку підсистем

$$k = N / N_0, \quad (7.1)$$

де N – кількість взаємо використовуваних інформаційних масивів у підсистемах, N_0 – загальна кількість інформаційних масивів.

Для опису всієї системи повинна бути побудована складна модель, яка об'єднує всі окремі моделі. Рекомендується використовувати розкладання на підсистеми, тільки коли такий поділ на основні частини системи не змінюється. Нестабільність кордонів підсистем швидко знецінить, як окремі моделі, так і їх об'єднання.

На етапі аналізу, що забезпечує формування детального уявлення системи, здійснюються:

1. *Функціонально-структурний аналіз* існуючої системи, що дозволяє сформулювати вимоги до створюваної системи. Він включає уточнення складу і законів функціонування елементів, алгоритмів функціонування та взаємовпливів підсистем, поділ керованих і некерованих характеристик, завдання простору станів Z , завдання параметричного простору T , в якому задано поведінку системи, аналіз цілісності системи, формулювання вимог до створюваної системи.

2. *Морфологічний аналіз* – аналіз взаємозв'язку компонентів.

3. *Генетичний аналіз* – аналіз передісторії, причин розвитку ситуації, наявних тенденцій, побудова прогнозів.

4. *Аналіз аналогів*.

5. *Аналіз ефективності* (за результативністю, ресурсоемності, оперативності). Він включає вибір шкали вимірювання, формування показників ефективності, обґрунтування і формування критеріїв ефективності, безпосередньо оцінювання та аналіз отриманих оцінок.

6. *Формування вимог до створюваної системи*, включаючи вибір критеріїв оцінки і обмежень.

Етап синтезу системи, що вирішує проблему, представлений у вигляді спрощеної функціональної діаграми (рис.7.3).

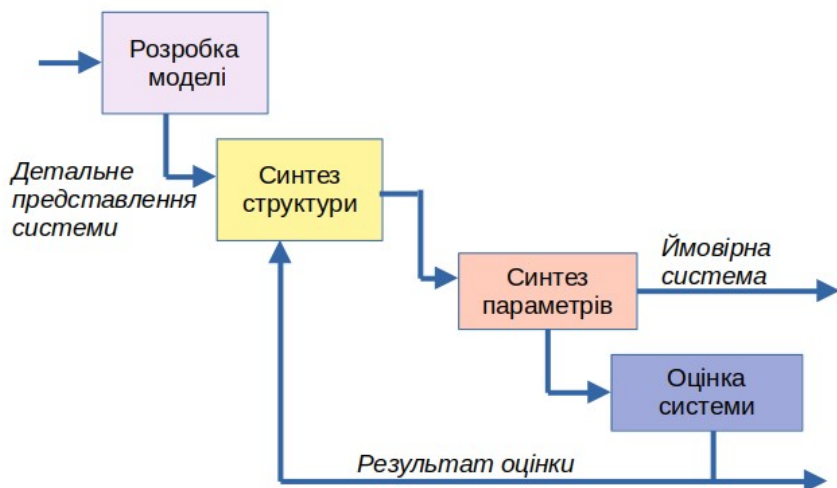


Рисунок 7.3 – Спрощена функціональна діаграма етапу синтезу системи, що вирішує проблему

На цьому етапі здійснюються:

1. Розробка моделі необхідної системи (вибір математичного апарату, моделювання, оцінка моделі за критеріями адекватності, простоти, відповідності між точністю і складністю, балансу похибок, багато варіантності реалізацій, блочності побудови).

2. Синтез альтернативних структур системи, що знімає проблему.

3. Синтез параметрів системи, що знімає проблему.

4. Оцінювання варіантів синтезованої системи (обґрунтування схеми оцінювання, реалізація моделі, проведення експерименту з оцінки, обробка результатів

оцінювання, аналіз результатів, вибір найкращого варіанту).

Оцінка ступеня зняття проблеми проводиться при завершенні системного аналізу. Найбільш складними у виконанні є етапи декомпозиції і аналізу. Це пов'язано з високим ступенем невизначеності, який потрібно подолати у ході дослідження.

Розглянемо процес формування загального і детального представлення системи, що включає дев'ять основних стадій.

7.3. Формування загального уявлення системи

Формування загального уявлення системи відбувається з 6 стадіями.

Стадія 1. Виявлення головних функцій (властивостей, цілей, призначення) системи. Формування (вибір) основних предметних понять, що використовуються в системі. На цій стадії мова йде про з'ясування основних виходів у системі. Саме з цього найкраще починати її дослідження. Повинен бути визначений тип виходу: *матеріальний, енергетичний, інформаційний*. Вони повинні бути віднесені до будь-яких фізичних або інших понять (вихід виробництва – продукція («Яка?»), Вихід системи управління – командна інформація («Для чого?», «В якому вигляді?»), вихід автоматизованої інформаційної системи – відомості (про що?) тощо).

Які основні функції і властивості досліджуються у охороні праці?

Процеси й закономірності небезпечних та шкідливих чинників, котрі виявляються під час виробництва і експлуатації машин, механізмів у процесі трудової діяльності.

Стадія 2. Виявлення основних функцій і частин (модулів) у системі. Розуміння єдності цих частин в рамках системи. На цій стадії відбувається перше знайомство з внутрішнім змістом системи та виявляється із яких великих частин вона складається, і яку роль кожна частина відіграє у системі. Це стадія отримання первинних відомостей про структуру і характер основних зв'язків. Такі відомості слід представляти і вивчати за допомогою структурних або об'єктно-орієнтованих методів аналізу систем, де, наприклад, з'ясується наявність переважно послідовного або паралельного характеру з'єднання частин, взаємної або переважно односторонньої спрямованості впливів між частинами тощо. Уже на цій стадії слід звернути увагу на так звані системоутворюючі чинники, тобто на ті зв'язки та взаємозумовленості, які і роблять систему системою.

Стадія 3. Виявлення основних процесів у системі, їх ролі, умов здійснення; виявлення стадійності, стрибків, змін станів у функціонуванні; в системах з управлінням - виділення основних керуючих факторів. Тут досліджується динаміка найважливіших змін в системі, хід подій, вводяться параметри стану, розглядаються фактори, що впливають на ці параметри, що забезпечують перебіг процесів, а також умови початку і кінця процесів. Визначається, чи керовані процеси і чи сприяють вони здійсненню системою своїх головних функцій. Для керованих систем уясняються основні керуючі впливи, їх тип, джерело і ступінь впливу на систему.

Стадія 4. Виявлення основних елементів «не системи», з якими пов'язана досліджувана система. Виявлення характеру цих зв'язків. На цій стадії вирішується ряд окремих проблем. Досліджуються основні зовнішні впливи на систему (входи). Визначаються їх тип (речові, енергетичні, інформаційні), ступінь впливу на

систему, основні характеристики. Фіксуються кордони того, що вважається системою, визначаються елементи «не системи», на які спрямовані основні вихідні впливи. Тут же корисно простежити еволюцію системи, шлях її формування. Нерідко саме це веде до розуміння структури та особливостей функціонування системи. В цілому дана стадія дозволяє краще усвідомити головні функції системи, її залежність і вразливість або відносну незалежність у зовнішньому середовищі.

Стадія 5. Виявлення невизначеностей і випадковостей в ситуації їх визначального впливу на систему (для стохастичних систем).

Стадія 6. Виявлення розгалуженої структури, ієрархії, формування уявлень про систему як про сукупність модулів, пов'язаних входами-виходами.

Стадією 6 закінчується формування загальних уявлень про систему. Як правило, цього достатньо, якщо мова йде про об'єкт, з яким ми безпосередньо працювати не будемо.

Якщо ж мова йде про систему, якої треба займатися для її глибокого вивчення, поліпшення, управління, то доведеться аналізувати далі по спіралеподібному шляху поглибленого дослідження системи (стадії 7–9).

7.4. Формування детального представлення системи

Глибокий аналіз системи з метою її поліпшення та покращення управління відбувається на стадіях 7–9.

Стадія 7. Виявлення усіх елементів і зв'язків, важливих для цілей розгляду. Їх віднесення до структури ієрархії в системі. Ранжування елементів і зв'язків за їх значимістю.

Стадії 6 і 7 тісно пов'язані один з одним, тому їх обговорення корисно провести разом. Стадія 6 – це межа пізнання «всередині» досить складної системи для особи, яка оперує нею цілком. Більш поглиблені знання про систему (стадія 7) матиме вже тільки фахівець, який відповідає за її окремі частини. Для не надто складного об'єкта рівень стадії 7 – знання системи цілком – досяжний і для однієї людини. Таким чином, хоча суть стадій 6 і 7 одна і та ж, але у першій з них ми обмежуємося тим розумним обсягом відомостей, який доступний одному досліднику. При поглибленій деталізації важливо виділяти саме істотні для розгляду елементи (модулі) і зв'язки, відкидаючи все те, що не представляє інтересу для цілей дослідження. Пізнання системи передбачає не завжди тільки відділення суттєвого від несуттєвого, але також акцентування уваги на більш суттєвому. Деталізація повинна торкнутися і вже розглянутому у стадії 4 зв'язку системи з «не системою». На стадії 7 сукупність зовнішніх зв'язків вважається проясненням настільки, що можна говорити про доскональні знання системи.

Стадії 6 і 7 підводять підсумок загального, цілісного вивчення системи. Подальші стадії вже розглядають тільки її окремі сторони. Тому важливо ще раз звернути увагу на системо утворюючі чинники, на роль кожного елемента і кожного зв'язку, на розуміння, чому вони саме такі чи повинні бути саме такими в аспекті єдності системи.

Стадія 8. Облік змін і невизначеностей в системі. Тут досліджуються повільне, зазвичай небажана зміна властивостей системи, яке прийнято називати «старінням», а також можливість заміни окремих частин (модулів) на нові, що дозволяють не тільки протистояти старінню, а й підвищити якість системи в порівнянні з початковим станом. Таке вдосконалення штучної системи прийнято називати розвитком. До нього також відносять поліпшення

характеристик модулів, підключення нових модулів, накопичення інформації для кращого її використання, а іноді і перебудову структури, ієрархії зв'язків.

Основні невизначеності в стохастичній системі вважаються дослідженими на стадії 5. Однак не детермінованість завжди присутня і у системі, яка не призначена працювати в умовах випадкового характеру входів і зв'язків. Додамо, що облік невизначеностей в цьому випадку зазвичай перетворюється в дослідження чутливості найважливіших властивостей (виходів) системи. Під чутливістю розуміють ступінь впливу зміни входів на зміну виходів.

Стадія 9. Дослідження функцій і процесів у системі з метою управління ними. Введення управління і процедур ухвалення рішення. Керуючи впливи як системи управління. Для цілеспрямованих і інших систем з управлінням, дана стадія має велике значення. Основні керуючі фактори були з'ясовані при розгляді стадії 3, але там це носило характер загальної інформації про систему. Для ефективного запровадження управління або вивчення його впливів на функції системи і процеси в ній необхідно глибоке знання системи. Саме тому ми говоримо про аналіз управлінь тільки зараз, після всебічного розгляду системи.

Нагадаємо, що управління може бути надзвичайно різноманітним за змістом – від команд спеціалізованої керуючої ЕОМ до міністерських наказів. Однак можливість однакового розгляду всіх цілеспрямованих втручань в поведінку системи дозволяє говорити вже не про окремі управлінських актах, а про систему управління, яка тісно переплітається з основною системою, але чітко виділяється в функціональному відношенні. На даній стадії з'ясовується, де, коли і як (в яких точках системи, в які моменти, в яких процесах, скачках, виборів із сукупності,

логічних переходах тощо) система управління впливає на основну систему, наскільки це ефективно, прийнятно і зручно піддається реалізації. При введенні управлінь у системі повинні бути досліджені варіанти перекладу входів і постійних параметрів в керовані, визначені допустимі межі управління і способи їх реалізації.

Після завершення стадій 6-9 дослідження систем триває на якісно новому рівні – слід специфічна стадія моделювання. Про створення моделі можна говорити тільки після повного вивчення системи.

7.5. Контрольні запитання

Загальний підхід до вирішення проблем у реальній системі.

Основні завдання системного аналізу у вигляді трирівнового дерева функцій.

Що забезпечується на етапі декомпозиції?

Коли декомпозиція повинна припинятися?

Стратегії декомпозиції.

Стадії формування загального уявлення системи.

8. КЛАСИФІКАЦІЯ ВИДІВ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

8.1. Класифікація видів моделювання

Класифікація видів моделювання може бути проведена за різними підставами. Один з варіантів класифікації приведений на рис.8.1.

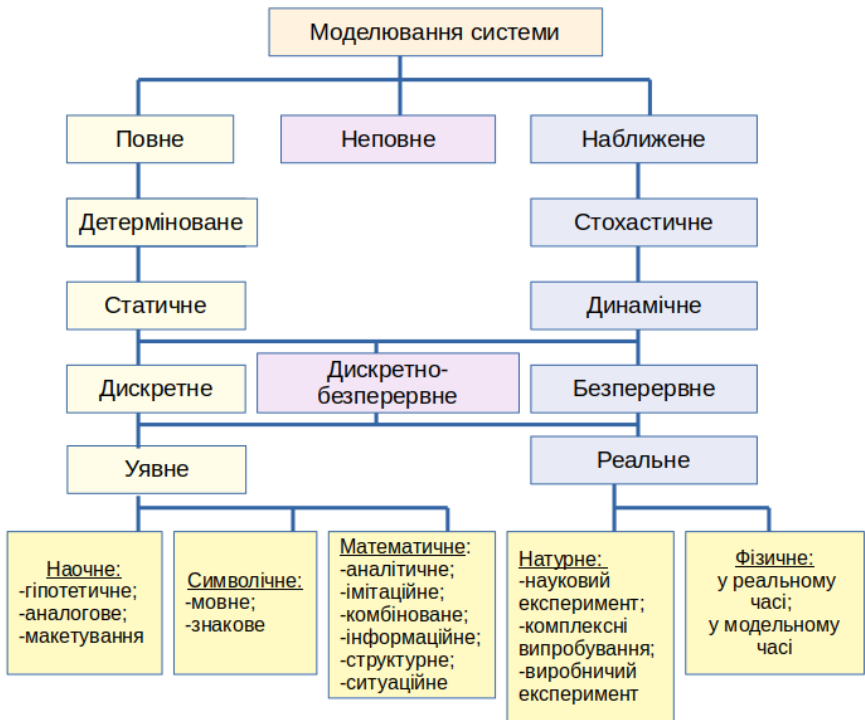


Рисунок 8.1 – Приклад класифікації видів моделювання

Відповідно до класифікаційним ознакою повноти моделювання ділиться на:

- повне,
- неповне,
- наближене.

При повному моделюванні моделі ідентичні об'єкту в часі і просторі.

Для *неповного* моделювання ця ідентичність не зберігається.

В основі наближеного моделювання лежить *подібність*, при якому деякі сторони реального об'єкта не моделюються зовсім.

Теорія подібності стверджує, що *абсолютна подібність можливо лише при заміні одного об'єкта іншим точно таким же*. Тому при моделюванні абсолютна подібність не має місця. Дослідники прагнуть до того, щоб *модель добре відображала тільки досліджуваний аспект системи*. Наприклад, для оцінки ефективності роботи захисних від шуму екранів, оцінюється загальний показник зменшення рівня звукового тиску після проходження звуку скрізь екран, при цьому, як правило мало хто розглядає, реальні геометричні розміри звукової хвилі, її дискретні характеристики або інше.

Залежно від типу носія і сигнатури моделі розрізняються наступні види моделювання:

- детерміноване і стохастичне,
- статичне і динамічне,
- дискретне, безперервне і дискретно-безперервне.

Детерміноване моделювання відображає процеси, в яких передбачається відсутність випадкових впливів. Стохастичне моделювання враховує ймовірні процеси і події.

Статичне моделювання служить для опису стану об'єкту у фіксований момент часу, а динамічне - для дослідження об'єкту у часі. При цьому оперують

аналоговими (безперервними), дискретними і змішаними моделями.

Залежно від форми реалізації носія і сигнатури моделювання класифікується на уявне і реальне.

Уявне моделювання застосовується тоді, коли моделі не можуть бути реалізовані в заданому інтервалі часу або відсутні умови для їх фізичного створення (наприклад, ситуація мікросвіту). Уявне моделювання реальних систем реалізується у вигляді *наочного, символічного і математичного*. Для подання функціональних, інформаційних і подієвих моделей цього виду моделювання, розроблено значну кількість засобів і методів.

При наочному моделюванні на базі уявлень людини про реальні об'єкти створюються наочні моделі, що відображають явища і процеси, що протікають в об'єкті. Прикладом таких моделей є навчальні плакати, малюнки, схеми, діаграми.

В основу гіпотетичного моделювання закладається гіпотеза про закономірності перебігу процесу в реальному об'єкті, яка відображає рівень знань дослідника про об'єкт і базується на причинно-наслідкових зв'язках між входом і виходом досліджуваного об'єкта. Цей вид моделювання використовується, коли знань про об'єкт недостатньо для побудови формальних моделей. Аналогове моделювання ґрунтується на застосуванні аналогій різних рівнів. Для досить простих об'єктів найвищим рівнем є повна аналогія. З ускладненням системи використовуються аналогії наступних рівнів, коли аналогова модель відображає кілька (або тільки одну) сторін функціонування об'єкта.

Наприклад, як аналог моделі потоку води, використовують електричний струм.

Макетування застосовується, коли відбуваються в реальному об'єкті процеси не піддаються фізичному

моделюванню або можуть передувати проведенню інших видів моделювання. В основі побудови уявних макетів також лежать аналогії, зазвичай базуються на причинно-наслідкових зв'язках між явищами і процесами в об'єкті.

Символічне моделювання являє собою штучний процес створення логічного об'єкта, який заміщає реальний і висловлює його основні властивості за допомогою певної системи знаків і символів.

В основі мовного моделювання лежить деякий тезаурус, який утворюється з набору понять досліджуваної предметної області, причому цей набір повинен бути фіксованим. Під тезаурусом розуміється *словник*, що відображає зв'язки між словами чи іншими елементами даної мови, призначений для пошуку слів по їх змісту. Наприклад, *шкідливий фактор*, *летальна доза*, *шум* та інші.

Традиційний тезаурус складається з двох частин: переліку слів і стійких словосполучень, згрупованих за смисловими (тематичними) рубриками; алфавітного словника ключових слів, які задають класи умовної еквівалентності, покажчика відносин між ключовими словами, де для кожного слова вказані відповідні рубрики. Така побудова дозволяє визначити семантичні (смыслові) відносини ієрархічного (рід/вид) і неієрархічного (синонімія, антонімія, асоціації) типу.

Між тезаурусом і звичайним словником є принципові відмінності. Тезаурус – словник, який очищено від неоднозначності, тобто в ньому кожному слову може відповідати лише єдине поняття, хоча в звичайному словнику одному слову може відповідати декілька понять.

Якщо ввести умовне позначення окремих понять, тобто знаки, а також певні операції між цими знаками, то можна реалізувати знакове моделювання і за допомогою знаків відображати набір понять – складати окремі

ланцюжки з слів і пропозицій. Використовуючи операції об'єднання, перетину і доповнення теорії множин, можна в окремих символах дати опис якогось реального об'єкту.

Математичне моделювання – це процес встановлення відповідності даному реальному об'єкту деякого математичного об'єкта, званого математичної моделлю. В принципі, для дослідження характеристик будь-якої системи математичними методами, включаючи і машинні, повинна бути обов'язково проведена формалізація цього процесу, тобто побудована математична модель. Вид математичної моделі залежить як від природи реального об'єкта, так і від завдань дослідження об'єкта, від необхідної достовірності і точності рішення задачі. Будь-яка математична модель, як і будь-яка інша, описує реальний об'єкт з певним ступенем наближення.

Для подання математичних моделей можуть використовуватися різні форми запису. Основними є інваріантна, аналітична, алгоритмічна і схемна (графічна).

Інваріантна форма – запис співвідношень моделі за допомогою традиційного математичного мови безвідносно до методу рішення рівнянь моделі. У цьому випадку модель може бути представлена як сукупність входів, виходів, змінних стану і глобальних рівнянь системи.

Аналітична форма – запис моделі у вигляді результату рішення вихідних рівнянь моделі. Зазвичай моделі в аналітичній формі представляють собою явні вирази вихідних параметрів як функцій входів і змінних станів. Для аналітичного моделювання характерно те, що в основному моделюється тільки функціональний аспект системи. При цьому глобальні рівняння системи, описують закон (алгоритм) її функціонування, записуються у вигляді деяких аналітичних співвідношень (алгебраїчних, інтегро-

диференціальних тощо) або логічних умов. Аналітична модель досліджується кількома методами:

- *аналітичним*, коли прагнуть отримати в загальному вигляді явні залежності, що зв'язують шукані характеристики з початковими умовами, параметрами і змінними стану системи;
- *чисельним*, коли, не вміючи вирішувати рівняння в загальному вигляді, прагнуть отримати числові результати при конкретних початкових даних (нагадаємо, що такі моделі називаються цифровими);
- *якісним*, коли, не маючи рішення в явному вигляді, можна знайти деякі властивості рішення (наприклад, оцінити стійкість рішення).

У теперішній час поширені комп'ютерні методи дослідження характеристик процесу функціонування складних систем. Для реалізації математичної моделі на ЕОМ необхідно побудувати відповідний моделюючий алгоритм.

Алгоритмічна форма – запис співвідношень моделі і обраного чисельного методу розв'язання в формі алгоритму. Серед алгоритмічних моделей важливий клас складають імітаційні моделі, призначені для імітації фізичних або інформаційних процесів при різних зовнішніх впливах. Власне імітацію названих процесів називають імітаційним моделюванням.

При *імітаційному* моделюванні відтворюється алгоритм функціонування системи в часі – поведінка системи, причому імітуються елементарні явища, що становлять процес, зі збереженням їх логічної структури і послідовності протікання, що дозволяє за вихідними даними отримати відомості про стани процесу в певні моменти часу, що дають можливість оцінити характеристики системи. Основною перевагою імітаційного моделювання в порівнянні з аналітичним є

можливість вирішення більш складних завдань. Імітаційні моделі дозволяють досить просто враховувати такі фактори, як наявність дискретних і безперервних елементів, нелінійні характеристики елементів системи, численні випадкові впливи та інші, які часто створюють труднощі при аналітичних дослідженнях. В даний час імітаційне моделювання – найбільш ефективний метод дослідження систем, а часто і єдиний практично доступний метод отримання інформації про поведінку системи, особливо на етапі її проектування.

В імітаційному моделюванні розрізняють метод *статистичних випробувань* (Монте-Карло) і метод *статистичного моделювання*.

Метод Монте-Карло – чисельний метод, який застосовується для моделювання випадкових величин і функцій, ймовірнісні характеристики яких збігаються з рішеннями аналітичних завдань. Складається в багаторазовому відтворенні процесів, які є реалізаціями випадкових величин і функцій, з подальшою обробкою інформації методами математичної статистики.

Якщо цей прийом застосовується для машинної імітації з метою дослідження характеристик процесів функціонування систем, схильних до випадковим впливам, то такий метод називається методом статистичного моделювання.

Метод імітаційного моделювання застосовується для оцінки варіантів структури системи, ефективності різних алгоритмів управління системою, впливу зміни різних параметрів системи. Імітаційне моделювання може бути покладено в основу структурного, алгоритмічного і параметричного синтезу систем, коли потрібно створити систему з заданими характеристиками при певних обмеженнях.

Комбіноване (аналітико-імітаційне) моделювання дозволяє об'єднати гідності аналітичного і імітаційного моделювання. При побудові комбінованих моделей виробляється попередня декомпозиція процесу Функціонування об'єкта на складові підпроцеси, і для тих з них, де це можливо, використовуються аналітичні моделі, а для інших підпроцесів будуються імітаційні моделі. Такий підхід дає можливість охопити якісно нові класи систем, які не можуть бути досліджені з використанням аналітичного або імітаційного моделювання окремо.

Інформаційне (кібернетичне) моделювання пов'язане з дослідженням моделей, в яких відсутня безпосереднє подоби фізичних процесів, що відбуваються в моделях, реальним процесам. В цьому випадку прагнуть відобразити лише деяку функцію, розглядають реальний об'єкт як «чорний ящик», який мав низку входів і виходів, і моделюють деякі зв'язки між виходами і входами. Таким чином, в основі інформаційних (кібернетичних) моделей лежить відображення деяких інформаційних процесів управління, що дозволяє оцінити поведінку реального об'єкта. Для побудови моделі в цьому випадку необхідно виділити досліджувану функцію реального об'єкта, спробувати формалізувати цю функцію у вигляді деяких операторів зв'язку між входом і виходом і відтворити цю функцію на імітаційної моделі, причому на абсолютно іншому математичному мові і, природно, іншої фізичної реалізації процесу. Так, наприклад, експертні системи є моделями ЛПР.

8.2. Структурне моделювання

Структурне моделювання системного аналізу базується на деяких специфічних особливостях структур певного виду, які використовуються як засіб дослідження

систем або служать для розробки на їх основі специфічних підходів до моделювання із застосуванням інших методів формалізованого представлення систем (теоретико-множинних, лінгвістичних, кібернетичних тощо). Розвитком *структурного моделювання* є *об'єктно-орієнтоване моделювання*.

Структурне моделювання системного аналізу включає:

- методи мережевого моделювання;
- поєднання методів структуризації з лінгвістичними;
- структурний підхід в напрямку формалізації побудови і дослідження структур різного типу (ієрархічних, матричних, довільних графів) на основі теоретико-множинних уявлень і поняття номінальною шкали теорії вимірювань.

При цьому термін «структура моделі» може застосовуватися як функцій, так і до елементів системи. Відповідні структури називаються функціональними і морфологічними. Об'єктно-орієнтоване моделювання об'єднує структури обох типів в ієрархію класів, що включають як елементи, так і функції.

У структурному моделюванні за останнє десятиліття сформувалася нова технологія CASE. Абревіатура CASE має двояке тлумачення, відповідне двох напрямках використання CASE-систем. Перше з них – Computer-Aided Software Engineering – перекладається як автоматизоване проектування програмного забезпечення. Відповідні CASE-системи часто називають інструментальними середовищами швидкої розробки програмного забезпечення (RAD – Rapid Application Development). Друге – Computer-Aided System Engineering – підкреслює спрямованість на підтримку концептуального моделювання складних систем, переважно слабоструктурованих. Такі CASE-системи часто називають

системами BPR (Business Process Reengineering). В цілому CASE-технологія являє собою сукупність методологій аналізу, проектування, розробки і супроводу складних автоматизованих систем, підтримувану комплексом взаємопов'язаних засобів автоматизації. CASE – це інструментарій для системних аналітиків, розробників і програмістів, що дозволяє автоматизувати процес проектування і розробки складних систем, в тому числі і програмного забезпечення.

8.3. Ситуаційне моделювання

Ситуаційне моделювання спирається на модельну теорію мислення, в рамках якої можна описати основні механізми регулювання процесів прийняття рішень. У центрі модельної теорії мислення лежить уявлення про формування в структурах мозку інформаційної моделі об'єкта і зовнішнього світу. Ця інформація сприймається людиною на базі вже наявних у нього знань і досвіду. Доцільну поведінку людини будується шляхом формування цільової ситуації і уявного перетворення вихідної ситуації в цільову. Основою побудови моделі є опис об'єкта у вигляді сукупності елементів, пов'язаних між собою певними відносинами, що відображають семантику предметної області. Модель об'єкта має багаторівневу структуру і являє собою той інформаційний контекст, на тлі якого протікають процеси управління. Чим багатше інформаційна модель об'єкта і вище можливості маніпулювання нею, тим краще і різноманітніше якість прийнятих рішень при управлінні.

При *реальному* моделюванні використовується можливість дослідження характеристик або на реальному об'єкті цілком, або на його частини. Такі дослідження проводяться як на об'єктах, які працюють в нормальних режимах, так і при організації спеціальних режимів для

оцінки цікавлять дослідника характеристик (при інших значеннях змінних і параметрів, в іншому масштабі часу тощо). Реальне моделювання є найбільш адекватним, але його можливості обмежені.

Натурних моделюванням називають проведення дослідження на реальному об'єкті з наступною обробкою результатів експерименту на основі теорії подібності. Натурне моделювання поділяється на науковий експеримент, комплексні випробування та виробничий експеримент. Науковий експеримент характеризується широким використанням засобів автоматизації, застосуванням досить різноманітних засобів обробки інформації, можливістю втручання людини в процес проведення експерименту. Одна з різновидів експерименту - комплексні випробування, в процесі яких внаслідок повторення випробувань об'єктів в цілому (або великих частин системи) виявляються загальні закономірності про характеристики якості, надійності цих об'єктів. У цьому випадку моделювання здійснюється шляхом обробки та узагальнення відомостей про групу однорідних явищ. Поряд зі спеціально організованими випробуваннями можлива реалізація натурального моделювання шляхом узагальнення досвіду, накопиченого в ході виробничого процесу, тобто можна говорити про виробничий експерименті. Тут на базі теорії подібності обробляють статистичний матеріал по виробничому процесу і отримують його узагальнені характеристики. Необхідно пам'ятати про відміну експерименту від реального протікання процесу. Воно полягає в тому, що в експерименті можуть з'явитися окремі критичні ситуації і визначитися кордону стійкості процесу. В ході експерименту вводяться нові чинники впливу в процес функціонування об'єкта.

Іншим видом реального моделювання є *фізичне*, що відрізняється від натурного тим, що дослідження проводиться в установках, які зберігають природу явищ і мають фізичну подоби. У процесі фізичного моделювання задаються деякі характеристики зовнішнього середовища і досліджується поведінка якого реального об'єкта, або його моделі при заданих або створюваних штучно впливах зовнішнього середовища. Фізичне моделювання може протікати в реальному і модельному (псевдо реальному) масштабах часу або розглядатися без урахування часу. В останньому випадку вивченню підлягають так звані «заморожені» процеси, що фіксуються в певний момент часу.

8.4. Принципи та підходи до побудови математичних моделей

Математичне моделювання багато хто вважає швидше мистецтвом, ніж стрункою і закінченою теорією. Тут дуже велика роль досвіду, інтуїції та інших інтелектуальних якостей людини. Тому неможливо написати досить формалізовану інструкцію, що визначає, як повинна будуватися модель тієї чи іншої системи. Проте відсутність точних правил не заважає досвідченим фахівцям будувати вдалі моделі. До теперішнього часу вже накопичено значний досвід, що дає підставу сформулювати деякі принципи і підходи до побудови моделей. При розгляді порізно кожен з них може здатися досить очевидним. Але сукупність взятих разом принципів і підходів далеко не тривіальна. Багато помилок і невдачі в практиці моделювання є прямим наслідком порушення цієї методології.

Принципи визначають ті загальні вимоги, яким повинна задовольняти правильно побудована модель. Розглянемо ці принципи.

1. *Адекватність*. Цей принцип передбачає відповідність моделі цілям дослідження за рівнем складності і організації, а також відповідність реальній системі щодо обраного безлічі властивостей. До тих пір, поки не вирішено питання чи правильно відображає модель досліджувану систему, цінність моделі незначна.

2. *Відповідність* моделі розв'язуваної задачі. Модель повинна будуватися для вирішення певного класу задач або конкретного завдання дослідження системи. Спроби створення універсальної моделі, націленої на рішення великого числа різноманітних завдань, призводять до такого ускладнення, що вона виявляється практично непридатною. Досвід показує, що при вирішенні кожної конкретної задачі потрібно мати свою модель, яка відображатиме ті аспекти системи, які є найбільш важливими в даній задачі. Цей принцип пов'язаний з принципом адекватності.

3. *Спрощення* при збереженні істотних властивостей системи. Модель повинна бути в деяких відносинах простіше прототипу – в цьому сенс моделювання. Чим складніше розглянута система, тим по можливості більш спрощеним має бути її опис, навмисне перебільшую типові і ігнорує менш істотні властивості. Цей принцип може бути названий принципом абстрагування від другорядних деталей.

4. *Відповідність* між необхідною точністю результатів моделювання і складністю моделі. Моделі за своєю природою завжди носять наближений характер. Виникає питання, яким має бути це наближення. З одного боку, щоб відобразити всі скільки-небудь істотні властивості, модель необхідно деталізувати. З іншого боку, будувати модель,

що наближається за складністю до реальної системи, очевидно, не має сенсу. Вона не повинна бути настільки складною, щоб знаходження рішення виявилось занадто складним. Компроміс між цими двома вимогами досягається нерідко шляхом проб і помилок.

Практичними рекомендаціями щодо зменшення складності моделей є:

➤ *зміна числа змінних*, що досягається або винятком несуттєвих змінних, або їх об'єднанням. Процес перетворення моделі в модель з меншим числом змінних і обмежень називають агрегуванням. Наприклад, всі типи ЕОМ в моделі гетерогенних мереж можна об'єднати в чотири типи – ПЕОМ, робочі станції, великі ЕОМ (мейнфрейми), кластерні ЕОМ;

➤ *зміна природи змінних параметрів*. Змінні параметри розглядаються в якості постійних, дискретні – як безперервні тощо. Так, умови поширення радіохвиль в моделі радіоканалу для простоти можна прийняти постійними;

➤ *зміна функціональної залежності між змінними*. Нелінійна залежність замінюється зазвичай лінійною, дискретна функція розподілу ймовірностей – безперервною;

➤ *зміна обмежень* (додавання, виняток або модифікація). При знятті обмежень виходить оптимістичне рішення, при внутрішньовенному введенні – песимістичне. Варіюючи обмеженнями можна знайти можливі граничні значення ефективності. Такий прийом часто використовується для знаходження попередніх оцінок ефективності рішень на етапі постановки завдань;

➤ *обмеження точності моделі*. Точність результатів моделі не може бути вище точності вихідних даних.

Баланс похибок різних видів. Відповідно до принципу балансу необхідно домагатися, наприклад,

балансу систематичної похибки моделювання за рахунок відхилення моделі від оригіналу і похибки вихідних даних, точності окремих елементів моделі, систематичної похибки моделювання і випадкової похибки при інтерпретації та осереднення результатів.

Багатоваріантність реалізацій елементів моделі. Різноманітність реалізацій одного і того ж елемента, які відрізняються за точністю (а отже, і за складністю), забезпечує регулювання співвідношення «точність/складність».

Блочна будова. При дотриманні принципу блочного будови полегшується розробка складних моделей і з'являється можливість використання накопиченого досвіду і готових блоків з мінімальними зв'язками між ними. Виділення блоків проводиться з урахуванням поділу моделі по етапах і режимам функціонування системи.

Наприклад, при побудові моделі Для системи радіорозвідки можна виділити модель роботи випромінювачів, модель виявлення випромінювачів, модель пеленгування тощо.

Залежно від конкретної ситуації можливі такі підходи до побудови моделей:

- безпосередній аналіз функціонування системи;
- проведення обмеженого експерименту на самій системі;
- використання аналога;
- аналіз вихідних даних.

Є цілий ряд систем, які допускають проведення безпосередніх досліджень з виявлення істотних властивостей і стосунків між ними. Потім або застосовуються відомі математичні моделі, або вони модифікуються або пропонується нова модель. Таким чином, наприклад, можна вести розробку моделі для направлення зв'язку в умовах мирного часу.

При проведенні експерименту виявляється значна частина істотних властивостей і їх вплив на ефективність системи. Таку мету переслідують, наприклад, все командно-штабні ігри та більшість навчань.

Якщо метод побудови моделі системи не ясний, але її структура очевидна, то можна скористатися схожістю з більш простою системою, модель для якої існує.

До побудови моделі можна приступити на основі аналізу вихідних даних, які вже відомі або можуть бути отримані. Аналіз дозволяє сформулювати гіпотезу про структуру системи, яка потім апробується. Так з'являються перші моделі нового зразка іноземної техніки при наявності попередніх даних про їх технічні параметри.

Розробники моделей знаходяться під дією двох взаємно суперечливих тенденцій: прагнення до повноти опису і прагнення до отримання необхідних результатів максимально простими засобами. Досягнення компромісу ведеться зазвичай шляхом побудови серії моделей, що починаються з гранично простих і висхідних до високої складності (існує відоме правило: починай з простих моделей, а далі ускладнюй). Прості моделі допомагають глибше зрозуміти досліджувану проблему. Ускладнені моделі використовуються для аналізу впливу різних чинників на результати моделювання. Такий аналіз дозволяє виключати деякі фактори з розгляду.

Складні системи вимагають розробки цілої ієрархії моделей, що розрізняються рівнем відображуваних операцій. Виділяють такі рівні, як вся система, підсистеми, що керують об'єкти тощо.

Розглянемо один конкретний приклад – модель розвитку економіки (модель Харрода). Ця спрощена модель розвитку економіки країни запропонована англійським економістом Р. Харрод. У моделі

враховується один фактор – капітальні вкладення, а стан економіки оцінюється через розмір національного доходу.

Для математичної постановки задачі введемо такі позначення:

- Y_t – національний дохід у рік t ;
- K_t – виробничі фонди на рік t ;
- K_t – обсяг споживання в рік t ;
- K_t – обсяг накопичення на рік t ;
- K_t – капітальні вкладення в рік t .

Будемо припускати, що функціонування економіки відбувається при виконанні наступних умов:

- умова балансу доходів і витрат за кожен рік
- $$Y_t = K_t + K_t, \quad (8.1)$$

- умова винятку пролежування капіталу
- $$K_t = K_t$$

• умова пропорційного розподілу національного річного доходу

$$K_t = aY_t, \quad (8.2)$$

Два умови приймаються для характеристики внутрішніх економічних процесів. Перша умова характеризує зв'язок капітальних вкладень і загальної суми виробничих фондів, друге – зв'язок національного річного доходу і виробничих фондів.

Капітальні вкладення в рік t можуть розглядатися як приріст виробничих фондів або похідна від функції виробничі фонди приймається як капітальні річні вкладення:

$$V_t = dK / dt, \quad (8.3)$$

Національний дохід в щороку приймається як віддача виробничих фондів з відповідним нормативним коефіцієнтом фондівіддачі:

$$Y_t = K_t / b, \quad (8.4)$$

Поєднуючи умови завдання, можна отримати наступне співвідношення:

$$Y_t = V_t/a = dK/(a \cdot dt) = b / a \cdot dY/dt, \quad (8.5)$$

Звідси впливає підсумкове рівняння Харрода:

$$Y_t = b \cdot dY/dt = a \cdot Y, \quad (8.6)$$

Його рішенням є експоненціальна зміна національного доходу за річними інтервалами:

$$Y_t = Y_0 \cdot e^{a \cdot t/b}, \quad (8.7)$$

Незважаючи на спрощений вид математичної моделі, її результат може бути використаний для укрупненого аналізу національної економіки. Параметри a і b можуть стати параметрами управління при виборі планової стратегії розвитку з метою максимального наближення до кращою траєкторії зміни національного доходу або для вибору мінімального інтервалу часу досягнення заданого рівня національного доходу.

Етапи побудови математичної моделі

Сутність побудови математичної моделі полягає в тому, що реальна система спрощується, схематизується і описується за допомогою того чи іншого математичного апарату. Можна виділити наступні основні етапи побудови моделей.

- *Змістовне опис об'єкта, що моделюється.* Об'єкти моделювання описуються з позицій системного підходу. Виходячи з мети дослідження встановлюються сукупність елементів, взаємозв'язку між елементами, можливі стану кожного елемента, суттєві характеристики станів і відносини між ними. *Наприклад*, фіксується, що якщо значення одного параметра зростає, то значення іншого – зменшується тощо. Питання, пов'язані з повнотою і одиничністю вибору характеристик, не розглядаються. Природно, в такому словесному описі можливі логічні

суперечності, невизначеності. Це вихідна природно-наукова концепція досліджуваного об'єкта. Таке попереднє, наближене уявлення системи називають концептуальною моделлю. Для того щоб змістовне опис служило хорошою основою для подальшої формалізації, потрібно докладно вивчити модельований об'єкт. Нерідко природне прагнення прискорити розробку моделі веде дослідника від даного етапу безпосередньо до вирішення формальних питань. В результаті побудована без достатнього змістовного базису модель виявляється непридатною до використання. На цьому етапі моделювання широко застосовуються якісні методи опису систем, знакові і мовні моделі.

- *Формалізація операцій.* Формалізація зводиться в загальних рисах до наступного. На основі змістовного опису визначається вихідна безліч параметрів системи. Для виділення істотних характеристик необхідний хоча б наближений аналіз кожної з них. При проведенні аналізу спираються на постановку задачі і розуміння природи досліджуваної системи. Після виключення несуттєвих характеристик виділяють керовані і некеровані параметри і виробляють символізацію. Потім визначається система обмежень на значення керованих параметрів. Якщо обмеження не носять принциповий характер, то ними нехтують.

- *Подальші дії пов'язані з формуванням цільової функції моделі.* Відповідно до відомими положеннями вибираються показники результату операції і визначається приблизний вигляд функції корисності на результатах. Якщо функція корисності близька до порогової (або монотонною), то оцінка ефективності рішень можлива безпосередньо за показниками результату операції. В цьому випадку необхідно вибрати спосіб згортки показників (спосіб переходу від безлічі показників до

одного узагальненим показником) і зробити саму згортку. За згортку показників формуються критерій ефективності і цільова функція.

- *Якщо при якісному аналізі виду функції корисності виявиться, що її не можна вважати порогової (монотонної), пряма оцінка ефективності рішень через показники результату операції неправомочна.* Необхідно визначати функцію корисності і вже на її основі вести формування критерію ефективності і цільової функції. В цілому заміна змістовного опису формальним – це ітеративний процес.

- *Перевірка адекватності моделі.* Вимога адекватності знаходиться в протиріччі з вимогою простоти, і це потрібно враховувати при перевірці моделі на адекватність. Початковий варіант моделі попередньо перевіряється за такими основними критеріями:

- a. Чи всі істотні параметри включені в модель?
- b. Чи немає в моделі несуттєвих параметрів?
- c. Чи правильно відображені функціональні зв'язки між параметрами?
- d. Чи правильно визначені обмеження на значення параметрів?

Для перевірки рекомендується залучати фахівців, які не брали участі в розробці моделі. Вони можуть більш об'єктивно розглянути модель і помітити її слабкі сторони, ніж її розробники. Така попередня перевірка моделі дозволяє виявити грубі помилки. Після цього приступають до реалізації моделі та проведення досліджень. Отримані результати моделювання піддаються аналізу на відповідність відомим властивостям досліджуваного об'єкта. Для встановлення відповідності створеної моделі оригіналу використовуються наступні шляхи:

- e. порівняння результатів моделювання з окремими експериментальними результатами, отриманими при однакових умовах;
- f. використання інших близьких моделей;
- g. зіставлення структури і функціонування моделі з прототипом.

Головним шляхом перевірки адекватності моделі досліджуваного об'єкта виступає практика. Однак вона вимагає накопичення статистики, яка далеко не завжди буває достатньою для отримання надійних даних. Для багатьох моделей перші два прийнятні в меншій мірі. В цьому випадку залишається один шлях: висновок про подібність моделі і прототипу робити на основі зіставлення їх структур і функцій, що реалізуються. Такі висновки не носять формальний характер, оскільки ґрунтуються на досвіді та інтуїції дослідника.

За результатами перевірки моделі на адекватність приймається рішення про можливість її практичного використання або про проведення коригування.

➤ *Коригування моделі.* При коригуванні моделі можуть уточнюватися суттєві параметри, обмеження на значення керованих параметрів, показники результату операції, зв'язку показників результату операції з істотними параметрами, критерій ефективності. Після внесення змін до моделі знову виконується оцінка адекватності.

➤ *Оптимізація моделі.* Сутність оптимізації моделей полягає в їх спрощення при заданому рівні адекватності. Основними показниками, за якими можлива оптимізація моделі, виступають час і витрати коштів для проведення досліджень на ній. В основі оптимізації лежить можливість перетворення моделей з однієї форми в іншу. Перетворення може виконуватися або з використанням математичних методів, або наближеним шляхом.

8.6. Приклад математичної моделі в охороні праці

Розглянемо математичну модель яку було запропоновано проф. Ткачуком К.Н та Таіровою Т.М.^[1]

Для оцінки та аналізу стану безпеки праці, своєчасного виявлення загроз, які обумовлюють небезпеку в тій чи іншій сфері діяльності робітника необхідна розробка нового методологічного підходу. Виконання поставленого завдання на практиці вимагає впровадження показників безпеки праці, які можна використовувати для проведення комплексної та порівняльної оцінки стану небезпечності машин, технологічних процесів та будівель.

Для вирішення поставлених завдань та вивчення стану безпеки праці на підприємствах України були використані узагальнені кількісні показники стану безпеки праці на підприємствах, підпорядкованих міністерствам та облдержадміністраціям, за даними звітної форми 1-УБ за 2006...2011 роки, а саме:

- кількість машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів (далі – машин), з них: машин, що не відповідають нормативним актам з охорони праці та вичерпали передбачений у паспорті ресурс роботи;

- кількість технологічних процесів, зокрема тих, що не відповідають вимогам нормативних актів з охорони праці;

^[1] Математична модель прогнозування стану безпеки праці. Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Випуск 1(61) 2013 р. Серія «Технічні науки» - С.274-279

– кількість будівель та споруд (далі – будівель), зокрема тих, що не пройшли капітального ремонту відповідно до нормативних актів, технічний стан яких не відповідає будівельним нормам і правилам, та знаходяться в аварійному стані. Отриманий статистичний матеріал дозволив визначити тенденції змін стану безпеки праці та дослідити зв'язок стану виробничого травматизму з показниками безпеки праці.

Абсолютні показники безпеки праці як первинні показники, що характеризують сукупність машин, процесів, будівель за її чисельністю в конкретних умовах галузі або регіону за рік, отримані шляхом зведення та узагальнення даних від підприємств. Абсолютний показник сам по собі не завжди дає правильну оцінку стану безпеки праці.

Зіставлення кількості машин, що не відповідає вимогам охорони праці в одній області з аналогічними даними й іншій, нічого не говорить про стан безпеки праці в цих областях. Адже мати уяву про реальний стан безпеки можна тільки шляхом порівняння, зіставлення відносних величин щодо кількості машин, технологічних процесів та будівель, що не відповідають нормативним актам з охорони праці, в загальній кількості машин на підприємстві, галузі або регіоні. Виходячи з викладеного, для проведення подальших досліджень щодо оцінки стану та прогнозування безпеки праці в Україні були використані оціночні показники безпеки праці у вигляді коефіцієнтів небезпечності машин, технологічного обладнання, будівель і споруд. *Коефіцієнт небезпечності машин* (K_m) розраховували за формулою

$$K_m = \frac{M_1 + M_2}{Z_m}, \quad (8.8)$$

де M_1 – кількість одиниць машин, що не відповідають вимогам нормативних актів з охорони праці; M_2 – кількість одиниць машин, які вичерпали передбачений паспортним ресурс; Z_m – загальна кількість машин.

Коефіцієнт небезпечності технологічних процесів (K_t) розраховували за формулою

$$K_t = \frac{T}{Z_t}, \quad (8.9)$$

де T – кількість технологічних процесів, що не відповідає вимогам нормативних актів з охорони праці; Z_t – загальна кількість технологічних процесів.

Коефіцієнт небезпечності будівель (K_b) розраховували за формулою

$$K_b = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{Z_b}, \quad (8.10)$$

де B_1 – кількість будівель, що не пройшли капітального ремонту відповідно до нормативних актів з охорони праці; B_2 – кількість будівель, що не відповідають вимогам нормативних актів з охорони праці; B_3 – кількість будівель, що знаходяться в аварійному стані; Z_b – загальна кількість будівель.

Значення коефіцієнтів небезпечності може змінюватись від 1 до 0. Наприклад, у разі, якщо визначений на підприємстві коефіцієнт небезпечності машин, механізмів дорівнює 1, то це значить всі машини, механізми, що використовуються на даному підприємстві, не відповідають вимогам нормативних актів, а якщо

значення коефіцієнта дорівнює 0, то це свідчить про безпечність машин, механізмів. Коефіцієнт безпеки, наприклад, машин, механізмів визначається за формулою

$$K_{\text{вм}} = 1 - K_m. \quad (8.11)$$

Сукупність значень коефіцієнтів небезпечності за кілька послідовних років представляє часовий ряд. Кожен показник часового ряду формується під впливом різних факторів, але у сукупності вони формують його тенденцію щодо зростання або убування (рис.8.2).

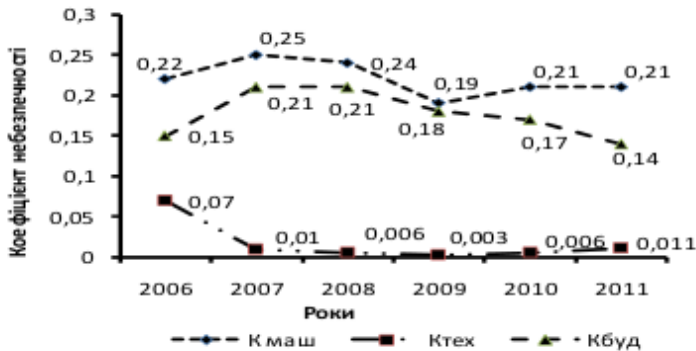


Рисунок 8.2 – Динаміка змін коефіцієнтів небезпечності

З графіку видно тенденція змін коефіцієнтів небезпечності машин, механізмів, технологічних процесів та будівель не чітко простежується, є прихованою, оскільки ламані криві мають злами. Для виключення випадкових коливань в початкових числових рядах і виявлення тренда використовували прийом вирівнювання рядів динаміки методом ковзних середніх. Завдяки усередненню фактичних даних індивідуальні коливання погашаються. Ковзні середні повніше описують закономірність змін коефіцієнтів небезпечності, при цьому

загальна тенденція розвитку набуває вигляду плавних ліній. Вирівнювання рядів динаміки дозволило з'ясувати основні тенденції та підібрати моделі трендів і математичних рівнянь, що описують емпіричні ряди. Динаміка змін коефіцієнтів небезпечності машин та будівель має тенденцію до зниження, відображається математичними рівняннями: прямої лінії для K_t (5) та квадратичною функцією для K_b (6) (рис. 8.3).

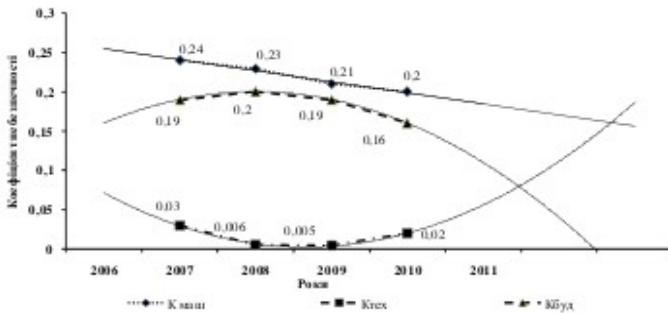


Рисунок 8.3 – Тенденції змін коефіцієнтів небезпечності
Динаміка змін коефіцієнта небезпечності технологічних процесів (K_t) навпаки має тенденцію до зростання та характеризується рівнянням (8.9):

$$y = -0,014x + 0,269; R^2 = 0,98, \quad (8.12)$$

$$y = -0,01x^2 + 0,06x + 0,11; R^2 = 1, \quad (8.13)$$

$$y = 0,009x^2 - 0,071x + 0,133; R^2 = 0,994. \quad (8.14)$$

Оцінку якості підбору функцій проводили за коефіцієнтом детермінації (R^2). Чим ближче R^2 до 1, тим більш точно вибрана регресивна модель. Для досліджуваних моделей коефіцієнти детермінації мали незначне відхилення від 0,006 до 0,02, тобто моделі правильно вибрані.

Для розрахунку прогнозних показників на 2012 рік використовували метод статистичного прогнозування за трендом, заснований на екстраполяції, тобто на припущенні, що параметри тренду зберігаються до періоду, що прогнозується. Підставивши в рівняння (8.5), (8.6) та (8.7) значення x , визначили коефіцієнти небезпечності машин, механізмів, технологічних процесів та будівель на 2012 рік, які становили: $K_m = 0,17$, $K_b = 0,04$, а $K_t = 0,05$. Таким чином, відповідно до прогнозних даних в 2012 році буде продовжуватись зниження значень коефіцієнтів небезпечності машин та будівель, але при цьому можливо різке підвищення коефіцієнта небезпечності технологічних процесів.

8.6. Контрольні запитання

Класифікація видів моделювання.

Структурне моделювання.

Ситуаційне моделювання.

Принципи та підходи до побудови математичних моделей/

Етапи побудови математичної моделі.

Головний шлях перевірки адекватності моделі.

Які показники використовуються при моделюванні систем в охороні праці?

9. ПОКАЗНИКИ ТА КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ

9.1. Істотні властивості системи

Істотні властивості відповідно до подання системи як семантичної моделі можна умовно класифікувати не тільки за рівнем складності, але і за належністю до системоутворюючих (загальносистемних), структурних або функціональних груп. Нижче наведені показники, які характерні істотним властивостям систем:

- загальносистемні властивості *цілісність, стійкість, спостерігаємость, керованість, детермінованість, відкритість, динамічність тощо;*
- структурні властивості *складу, зв'язність, організація, складність, масштабність, просторовий розмах, централізованість, обсяг тощо;*
- функціональні (поведінкові) властивості *результативність, ресурсомісткість, оперативність, активність, потужність, мобільність, продуктивність, швидкодія, готовність, працездатність, точність, економічність тощо.*

При такому розгляді показники якості можна віднести до області загальносистемних і структурних властивостей систем. Властивості ж, які характеризують процес функціонування (поведінку) системи, можна назвати операційними властивостями або властивостями операції, оскільки штучні системи створюються для виконання конкретних операцій.

У загальному випадку оцінка операційних властивостей проводиться як оцінка двох аспектів:

1. Результату (результатів) операції;
2. Алгоритму, що забезпечує отримання результатів.

Якість результату операції і алгоритм, що забезпечує отримання результатів, оцінюються за показниками якості операції, до яких відносять *результативність*, *ресурсомісткість* і *оперативність*.

Результативність E операції обумовлюється отриманим цільовим ефектом, заради якого функціонує система.

Ресурсомісткість R характеризується ресурсами всіх видів (людськими матеріально-технічної, енергетичними, інформаційними, фінансовими тощо), що використовуються для отримання цільового ефекту.

Оперативність Pr визначається витратою часу, потрібного для досягнення мети операції.

9.2. Показник результату операції (ПРО)

Оцінка результату операції (аспект 1) враховує, що операція проводиться для досягнення певної мети – результату операції. Під *результатом операції* розуміється ситуація (стан системи і зовнішнього середовища), що виникає на момент її завершення. Для кількісної оцінки результату операції вводиться поняття *показника результату операції* (ПРО), вектора, $Y_{icx} = \langle YE, YR, YO \rangle$, компоненти якого суть показники його окремих властивостей, що відображають *результативність*, *ресурсомісткість* і *оперативність операції*.

Оцінка алгоритму функціонування (аспект 2) є провідною при оцінці ефективності. Таке твердження ґрунтується на теоретичному постулаті, підтвердженому практикою: наявність гарного «алгоритму» функціонування системи підвищує впевненість в отриманні необхідних результатів. В принципі, необхідні

результати можуть бути отримані і без хорошого алгоритму, але вірогідність цього невелика. Це положення особливо важливо для організаційно технічних систем, а також систем в яких результати операції використовуються в режимі реального часу.

У сукупності результативність, ресурсомісткість і оперативність породжують комплексну властивість – *ефективність процесу Уеф* – ступінь його пристосованості до досягнення мети. Це властивість, властива тільки операціям, які проявляються при функціонуванні системи і залежать, як від властивостей самої системи, так і від зовнішнього середовища.

У літературі термін «*ефективність*» пов'язується із системою, з операцією та із рішенням. Утворені при цьому поняття можна вважати еквівалентними. В кінцевому рахунку кожне з них відображає відповідність результату операції поставленої мети. Зазвичай потрібно мати на увазі, що одна або кілька операцій реалізуються системою. Для більшості операцій процедура оцінки ефективності рішень носить характер прогнозування. Під ефективністю у аналізі СУОП розуміємо мінімізацію травматизму та професійного захворювання працівників на виробництві.

Вибір критерію ефективності – центральний, найвідповідальніший момент дослідження системи.

Вважається, що набагато краще знайти неоптимальне рішення вільно обраним критерієм, ніж навпаки – оптимальне рішення при неправильно обраному критерії.

9.3. Процес вибору критерію ефективності

Процес вибору критерію ефективності, як і процес визначення мети, є значною мірою *суб'єктивним, творчим,*

які вимагають в кожному окремому випадку *індивідуальні підходу*. Найбільшою складністю відрізняється вибір критерію ефективності рішень в операціях, що реалізуються ієрархічними системами.

Математичний вираз критерію ефективності називають цільовою функцією, оскільки її екстремізація є відображенням мети операції. Звідси випливає, що для формування критерію ефективності рішень в операції насамперед потрібно визначити поставлену мету. Потім потрібно знайти безліч керованих і некерованих характеристик системи, що реалізує операцію. Наступний крок - визначення показників результатів операції. Тільки після цього можливі вибір і формування критерію ефективності. Показники (функції показників) результатів операції, на основі яких формується критерій ефективності, прийнято називати показниками ефективності. В окремих операціях показник результату операції може прямо виступати критерієм ефективності.

Конкретний фізичний зміст показників визначається характером і цілями операції, а також якістю системи і зовнішніми впливами що її реалізують.

В окремих системах в якості показників результативності можуть розглядатися показники ресурсоемності або оперативності, проте якість операції в цілому не може бути охарактеризовано жодним з перерахованих приватних властивостей окремо, а визначається, подібно ПРО, їх сукупністю $Y_{ix} = \langle Y_E, Y_R, Y_O \rangle$.

Хоча конкретні операції досить різноманітні, існує ряд загальних принципів положень, якими необхідно керуватися при формуванні системи критеріїв ефективності рішень.

Залежно від типу систем і зовнішніх впливів, операції можуть бути *детермінованими, імовірнісними* або

невизначеними. Відповідно до цього виділяють три групи показників і критеріїв ефективності функціонування систем:

- в умовах визначеності, якщо ПРО відображає один строго певний результат детермінованої операції;
- в умовах ризику, якщо ПРО є дискретними або безперервними випадковими величинами з відомими законами розподілу в ймовірнісній операції;
- в умовах невизначеності, якщо ПРО є випадковими величинами, закони розподілу яких невідомі.

9.4. Критерій придатності для оцінки детермінованої операції

Критерій придатності для оцінки детермінованої операції виглядає наступним:

Кпрід: $(\forall i) (y_j i \in \delta \mid \delta i \rightarrow \text{удоп}i, i \in \langle E, R, O \rangle)$.

Визначає правило, за яким операція вважається ефективною, якщо всі приватні показники результату операції належать області адекватності.

Критерій оптимальності для оцінки детермінованої операції, записується у наступному вигляді:

Копт: $(\exists i) (y_j i \in \delta \mid \delta i \rightarrow \text{уопт}i, i \in \langle E, R, O \rangle)$

Визначає правило, за яким операція вважається ефективною, якщо всі приватні показники результату операції належать області адекватності, а радіус області адекватності за цими показниками оптимальний.

Критерій придатності для оцінки ефективності ймовірнісної операції, можна записати як:

Кпрід: $R_{дц} (Y_{еф}) \geq R_{дцвим} (Y_{еф})$

Визначає правило, за яким операція вважається ефективною, якщо ймовірність досягнення мети за показниками ефективності $R_{дц} (Y_{еф})$ не гірш від

необхідної ймовірності досягнення мети за цими показниками $R_{дцвм}$ ($Y_{еф}$).

Критерій оптимальності для оцінки ефективності ймовірнісної операції запишеться як:

$$\text{Копт: } R_{дц} (Y_{еф}) = R_{дцвм} (Y_{опт})$$

визначає правило, за яким операція вважається ефективною, якщо ймовірність досягнення мети за показниками ефективності $R_{дц}$ ($Y_{еф}$) дорівнює ймовірності досягнення мети з оптимальними значеннями цих показників $R_{дцвм}$ ($Y_{опт}$).

Основною проблемою оцінки ефективності ймовірнісних операцій є неясність способу визначення необхідних ймовірностей. Це пов'язано з відсутністю достатньої статистики. Відомо що застосування методів класичної теорії ймовірностей допустимо при повторюваності дослідів і однаковості умов. Ці вимоги в складних системах виконуються не завжди.

Найбільші труднощі виникають при оцінці ефективності систем в умовах невизначеності. Для вирішення цього завдання розроблено кілька підходів. Порядок оцінки ефективності систем в невизначених операціях становить один з розділів теорії прийняття рішень.

Вибір показників для конкретної системи пов'язаний з аналізом великого обсягу погано структурованої інформації, і тому в системному аналізі сформульовані вимоги, дотримання яких дозволяє обґрунтувати застосовність показників в даній задачі оцінки.

9.5. Загальні вимоги до показників результату операції

Загальними вимогами до показників результату операції є:

- відповідність ПРО мети операції;
- повнота;
- вимірність;
- ясність фізичного сенсу;
- не надмірність;
- чутливість.

Однією з основних вимог є відповідність ПРО мети операції, яка реалізується системою. Цілі операції в значній мірі залежать від призначення системи. Наприклад, для такої системи як СУОП, цілями операції можуть бути забезпечення необхідних значень безпеки на робочих місцях, достовірність інформації щодо травматизму та профзахворювань, стійкість і послідовність вирішення завдань управління охороною праці і передачі повідомлень та розпоряджень, тощо. Для кожної з висунутих цілей повинні бути визначені одна або кілька складових ПРО.

До числа основних вимог до ПРО відноситься також *його повнота*. Суть цієї вимоги полягає в тому, що ПРО повинен відображати бажані (цільові) і небажані (побічні) наслідки операції за показниками результативності, ресурсоемності та оперативності. Зауважимо, що одним з показників правильності вибору складових ПРО і їх повноти є монотонний характер функції корисності (цінності), побудованої для кожної складової. Якщо при цьому будь яка з функцій не монотонна, то це означає, що втрачені одна чи кілька складових ПРО.

Наступна важлива вимога до ПРО – *вимірність його складових* за допомогою якогось натурального експерименту, або моделей операції. Якщо розглянута операція не дозволяє це зробити, її доцільно розкласти на під операції, що забезпечують вимірність складових. Процес декомпозиції операції на під операції може бути

багаторівневим. Наприклад, операцію «Рішення задач управління» можна розділити на під операції: «Рішення задач планування» та «Рішення задач оперативного управління», а останні, в свою чергу, – на «Рішення задач обліку», «Рішення задач контролю» тощо .

При визначенні завдань ПРО необхідно прагнути до ясності їх фізичного сенсу, тобто щоб вони вимірювалися за допомогою кількісних заходів, доступних для сприйняття. Однак досягти цього вдається не завжди. Тоді доводиться вводити так звані суб'єктивні складові ПРО. Наприклад, така властивість людей, як навченість, зазвичай не може бути визначено за допомогою характеристик, що мають фізичний зміст. У цьому випадку часто вводять деяку штучну шкалу. Інший спосіб забезпечення вимірності складових ПРО перехід до заміщувачів показників, які побічно характеризують властивості що аналізуються. Вимога ясності фізичного сенсу обмежує можливості агрегування приватних показників до одного критерію. Так, наприклад, не має фізичного сенсу узагальнений скалярний показник, складений з приватних показників *результативності, ресурсоемності та оперативності*.

Важливою вимогою до ПРО є мінімізація розмірностей, у т.ч. забезпечення ненадлишкового набору складових. Із ростом кількості складових різко зростає трудомісткість побудови функції ефективності.

В групу основних вимог до складових ПРО зазвичай вводять їх відносно високу чутливість до змін значень керованих характеристик.

Набір складових ПРО може бути визначений різними способами, оскільки до теперішнього часу ще не існує формальної теорії, що забезпечує об'єктивне рішення цього завдання. Особи, які приймають рішення на одну і ту ж операцію, можуть визначити різний склад ПРО. Важливо

лише те, що, використовуючи різні ПРО, вони повинні вибрати однакове рішення – *оптимальне*.

9.6. Контрольні запитання

Показники, які характерні істотним властивостям систем.

Оцінка операційних властивостей.

Показниками якості операції.

Показник результату операції (ПРО).

Ефективність процесу.

Вибір критерію ефективності.

Якими можуть бути операції залежно від типу систем і зовнішніх впливів.

Критерій придатності для оцінки детермінованої операції.

Критерій оптимальності для оцінки детермінованої операції.

Критерій придатності для оцінки ефективності ймовірнісної операції.

Критерій оптимальності для оцінки ефективності ймовірнісної операції.

Загальні вимоги до показників результату операції.

10. ТЕОРІЯ ІГОР І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СА

10.1. Предмет і задачі теорії ігор

Як, казав Омар Хаям, *усе наше життя – це гра!* Дійсно, на протязі життя ми дотримуємось якихось норм існування у суспільстві, норм та правил на підприємстві тощо. Це все нагадує нам ігрову ситуацію, в якій є відповідні правила та їх слід дотримуватись.

Класичними завданнями системного аналізу є ігрові завдання прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності. Ризик завжди супроводжує діяльність людини, а у деяких робочих ситуаціях, має місце і невизначеність, особливо коли це стосується самих працівників та відношень у колективі.

Невизначеними можуть бути як цілі *операції* (системи управління), умови виконання *операції* (плану), так і свідомі дії супротивників або інших осіб, від яких залежить *успіх операції* (ефективність керування питаннями охорони праці).

Розроблено спеціальні математичні методи, які призначено для обґрунтування рішень в умовах ризику і невизначеності. У деяких, найбільш простих випадках ці методи дають можливість фактично знайти і вибрати оптимальне рішення. У більш складних випадках ці методи є допоміжним матеріалом, що дозволяє глибше розібратися в складній ситуації і оцінити кожне з можливих рішень з різних точок зору, і прийняти рішення з урахуванням його можливих наслідків.

Одним з важливих умов прийняття рішень в цьому випадку є *мінімізація ризику*.

При вирішенні низки практичних завдань дослідження операцій (в області екології, забезпечення безпеки життєдіяльності тощо.) Доводиться аналізувати ситуації, в яких стикаються дві (або більше) ворогуючих сторін, що переслідують різні цілі, причому результат будь-якого заходу кожної зі сторін залежить від того, який алгоритм дій вибере противник. Такі ситуації ми можемо віднести до *конфліктних ситуацій*. Як правило, конфліктними ситуаціями у питаннях охорони праці, займаються комісії профспілок, до складу яких включають і працівників відділу охорону праці.

Теорія ігор є математичною теорією конфліктних ситуацій, за допомогою якої можна виробити рекомендації щодо раціонального способу дій учасників конфлікту. Щоб уможливити математичний аналіз ситуації без урахування другорядних факторів, будують спрощену, схематизувати модель ситуації, яка називається грою. гра ведеться за цілком певними правилами, під якими розуміється система умов, яка регламентує можливі варіанти дій гравців; обсяг інформації кожної сторони про поведінку іншої; результат гри, до якого призводить кожна дана сукупність ходів.

Результат гри (виграш чи програш) взагалі не завжди має кількісне вираження, але зазвичай можна, хоча б умовно, висловити його числовим значенням.

Хід – вибір одного з передбачених правилами гри дій і його здійснення. Ходи діляться на *особисті* і *випадкові*.

Особистим ходом називається свідомий вибір гравцем одного з можливих варіантів дій і його здійснення.

Випадковим ходом називається вибір з ряду можливостей, здійснюваний не рішенням гравця, а яким-небудь механізмом випадкового вибору (кидання монети, вибір карти з перетасованої колоди тощо). Для кожного

випадкового ходу правила гри визначають *розподіл ймовірностей* можливих результатів.

Гра може складатися тільки з їх особистих або тільки з випадкових ходів, або з їх комбінації.

Наступним основним поняттям теорії ігор є поняття *стратегії*. *Стратегія* – це апріорі прийнята гравцем система рішень (виду «якщо – то»), яких він дотримується під час ведення гри, яка може бути представлена у вигляді алгоритму і виконуватися автоматично.

Метою теорії ігор є вироблення рекомендацій для розумної поведінки гравців в конфліктній ситуації, т.ч. визначення «оптимальної стратегії» для кожного з них. Стратегія, оптимальна по одному показнику, необов'язково буде оптимальною за іншими. Усвідомлюючи ці обмеження і тому не дотримуючись сліпо рекомендацій, отриманих ігровими методами, можна все ж розумно використовувати математичний апарат теорії ігор для вироблення, якщо не в точності оптимальної, то, у всякому разі «прийнятної» стратегії.

10.2. Класифікація ігр

Ігри можна класифікувати: *за кількістю гравців, кількості стратегій, характером взаємодії гравців, характеру виграшу, кількості ходів, станом інформації* тощо.

Залежно від кількості гравців розрізняють ігри двох і n гравців. Перші з них найбільш вивчені. Ігри трьох і більше гравців менш досліджені через що виникають принципові труднощі і технічні можливості отримання рішення.

Залежно від числа можливих стратегій гри діляться на «кінцеві» і «нескінченні». Гра називається кінцевою, якщо у кожного гравця є тільки кінцеве число стратегій, і

нескінченною, якщо хоча б у одного з гравців є нескінченне число стратегій.

За характером взаємодії гри діляться:

на безкоаліційні – гравці не мають права брати участь в угодах, утворювати коаліції;

коаліційні (кооперативні) – гравці можуть вступати в коаліції.

У кооперативних іграх коаліції заздалегідь визначені.

За характером виграшів ігри поділяються на: *ігри з нульовою сумою* (загальний капітал всіх гравців не змінюється, а перерозподіляється між гравцями; сума виграшів всіх гравців дорівнює нулю) та *ігри з ненульовою сумою*.

По виду функцій виграшу ігри поділяються на:

- матричні,
- біматричних,
- безперервні,
- опуклі і ін.

Матрична гра – це кінцева гра двох гравців з нульовою сумою, в якій задається виграш гравця 1 у вигляді матриці (рядок матриці відповідає номеру застосовуваної стратегії гравця 1, стовпець – номеру застосовуваної стратегії гравця на перетині рядка і стовпця матриці знаходиться виграш гравця 1, відповідний застосовуваним стратегіям).

Для матричних ігор доведено, що будь-яка з них має рішення і воно може бути легко знайдено шляхом зведення гри до задачі лінійного програмування.

Біматричних гра – це кінцева гра двох гравців з ненульовою сумою, в якій виграші кожного гравця задаються матрицями окремо для відповідного гравця (в кожній матриці рядок відповідає стратегії гравця 1, стовпець – стратегії гравця 2, на перетині рядка і стовпця в

першій матриці знаходиться виграш гравця 1, у другій матриці – виграш гравця)

Безперервної вважається гра, в якій функція виграшів кожного гравця є безперервною. Доведено, що ігри цього класу мають рішення, однак не розроблено практично прийнятних методів їх знаходження.

Якщо функція виграшів є опуклою, то така гра називається опуклою. Для них розроблені прийнятні методи рішення, що складаються в знаходженні чистої оптимальної стратегії (певного числа) для одного гравця і ймовірностей застосування чистих оптимальних стратегій іншого гравця. Таке завдання вирішується порівняно легко.

10.3. Запис матричної гри у вигляді платіжної матриці

Розглянемо *кінцеву гру*, в якій перший гравець A має m стратегій, а другий гравець B - n стратегій. Така гра називається грою $m \times n$. Позначимо стратегії A_1, A_2, \dots, A_m ; і B_1, B_2, \dots, B_n . Припустимо, що кожна сторона вибрала певну стратегію: A_i або B_j . Якщо гра складається тільки з особистих ходів, то вибір стратегій однозначно визначає результат гри - виграш однієї зі сторін a_{ij} . Якщо гра містить крім особистих випадкові ходи, то виграш при парі стратегій A_i і B_j є випадковою величиною, що залежить від результатів усіх випадкових ходів. В цьому випадку природної оцінкою очікуваного виграшу є математичне очікування випадкового виграшу, яке також позначається за a_{ij} .

Припустимо, що нам відомі значення a_{ij} при кожній парі стратегій. Ці значення можна записати у вигляді прямокутної таблиці (матриці), рядки якої відповідають стратегіям A_i , а стовпці – стратегіям B_j .

Тоді, в загальному вигляді матрична гра може бути записана наступної платіжної матрицею:

Таблиця 10.1 – Загальний вид платіжної матриці матричної гри, де A_i – назви стратегій гравця 1, B_j – назви стратегій гравця 2, a_{ij} – значення виграшів гравця 1 при виборі їм i -ї стратегії, а гравцем 2 – j -ї стратегії.

	B_1	B_2	...	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Оскільки дана гра є грою з нульовою сумою, значення виграшу для гравця 2 є величиною, протилежний за знаком значення виграшу гравця 1.

Поняття про нижню і верхню ціни гри. Рішення гри у чистих стратегіях. Кожен з гравців прагне максимізувати свій виграш з урахуванням поведінки протидіє йому гравця. Тому для гравця 1 необхідно визначити мінімальні значення виграшів в кожній зі

стратегій, а потім знайти максимум з цих значень, тобто визначити величину

$$V_n = \max_i \min_j a_{ij}.$$

Або знайти мінімальні значення по кожній з рядків платіжної матриці, а потім визначити максимальне з цих значень. Величина V_n називається *максиміна матриця* або нижньою ціною гри. Така стратегія гравця, яка відповідає максимінній V_n називається максимінною стратегією.

Очевидно, якщо ми будемо дотримуватися максимінної стратегії, то нам при будь-якому поведінці супротивника гарантований виграш, не менший V_n . Тому величина V_n – це той гарантований мінімум, який ми можемо собі забезпечити, дотримуючись своєї найбільш обережної стратегії.

Величина виграшу гравця 1 дорівнює, за визначенням матричної гри, величиною програшу гравця 2. Тому для гравця 2 необхідно визначити значення

$$V_v = \min_j \max_i a_{ij}$$

Або знайти максимальні значення по кожному із стовпців платіжної матриці, а потім визначити мінімальне з цих значень. Величина V_v називається *МІНІМАКСІ матриці*, верхній ціною гри або мінімаксімним виграшем. Відповідна виграшу стратегія супротивника називається його мінімаксною стратегією. Дотримуючись своєї найбільш обережної мінімаксної стратегії, противник гарантований, що в будь-якому випадку він програє не більш V_v .

У разі, якщо значення V_n і V_v не збігаються, при збереженні правил гри (коефіцієнтів a_{ij}) в тривалій перспективі, вибір стратегій кожним з гравців виявляється нестійким. Стійкість він набуває лише при рівності $V_n = V_v = V$. В цьому випадку говорять, що гра має рішення в чистих стратегіях, а стратегії, в яких досягається V –

оптимальними чистими стратегіями. Величина V називається *чистою ціною гри*.

Наприклад, таблиця 10.2.

Таблиця 10.2 – Платіжна матриця, в якій існує рішення в чистих стратегіях.

	B_1	B_2	B_3	B_4	Min_j
A_1	17	16	15	14	14
A_2	11	18	12	13	11
A_3	18	11	13	12	11
Max_i	18	18	15	14	

У таблиці 10.2. існує рішення в чистих стратегіях. При цьому для гравця 1 оптимальної чистої стратегією буде стратегія A_1 , а для гравця 2 – стратегія B_4 .

У матриці табл. 10.3 рішення в чистих стратегіях *не існує*, так як нижня ціна гри досягається в стратегії A_1 і її значення дорівнює 12, в той час як верхня ціна гри досягається в стратегії B_4 і її значення дорівнює 13.

Таблиця 10.3 – Платіжна матриця, в якій не існує рішення в чистих стратегіях

	B_1	B_2	B_3	B_4	Min_j
A_1	17	16	15	12	12
A_2	11	18	12	13	11
A_3	18	11	13	12	11
Max_i	18	18	15	13	

Зменшення порядку платіжної матриці. Порядок платіжної матриці (кількість рядків і стовпців) може бути зменшений за рахунок виключення домінованих і дублюючих стратегій.

Стратегія K^* називається стратегією що домінує відносно стратегії K^{**} , якщо при будь-якому варіанті поведінки протидіє гравця виконується співвідношення

$$A_{k^*} < A_{k^{**}},$$

де A_{k^*} і $A_{k^{**}}$ – значення виграшів при виборі гравцем, відповідно, стратегій K^* і K^{**} .

У разі, якщо виконується співвідношення

$$Ak^* = Ak^{**},$$

Стратегія K^* називається дублюючою по відношенню до стратегії K^{**} .

Наприклад, в матриці табл. 10.4. з домінованих і дублюючими стратегіями стратегія A_1 є домінованих по відношенню до стратегії A_2 , стратегія B_6 є домінованих по відношенню до стратегій B_3 , B_4 і B_5 , а стратегія B_5 є дублюючою по відношенню до стратегії B_4 .

Таблиця 10.4 – Платіжна матриця з домінуючими і дублюючими стратегіями

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
A_1	1	2	3	4	4	7
A_2	7	6	5	4	4	8
A_3	1	8	2	3	3	6
A_4	8	1	3	2	2	5

Дані стратегії не будуть обрані гравцями, так як є свідомо програшними і видалення цих стратегій з

платіжної матриці не вплине на визначення нижньої і верхньої ціни гри, описаної даної матрицею.

Безліч недомінуючих стратегій, отриманих після зменшення розмірності платіжної матриці, називається ще *безліччю Парето*.

10.4. Приклади ігор

Гра «Курча». Гра «Курча» полягає в тому, що гравці вступають у взаємодію, яка завдає серйозної шкоди кожному з них, поки один з гравців не вийде з гри. Приклад використання цієї гри – взаємодія автотранспорту на дорозі, наприклад, ситуації, коли два автомобіля йдуть назустріч один одному, і той, який першим згортає в сторону, вважається «слабаком» або «курчам». Сенс гри полягає у створенні напруги, яка б привела до усунення гравця. Подібна ситуація часто зустрічається в середовищі підлітків чи агресивно налаштованих молодих людей, хоча іноді несе в собі менший ризик. Ще одне із застосувань цієї гри – ситуація, в якій дві політичні партії вступають в контакт, при якому вони не можуть нічого виграти, і тільки гордість змушує їх зберігати протистояння. Партії зволікають з поступками до тих пір, поки не дійдуть до фінальної точки. Психологічна напруга, що виникає у грі, може привести одного з гравців до неправильної стратегії поведінки: якщо ніхто з гравців не поступається, то зіткнення і фатальна розв'язка неминучі. Такий приклад гри може бути розглянуто, коли виникає конфлікт між бригадиром, який наполягає на застосуванні засобів захисту, а працівник не бажає цього робити.

Платіжна матриця гри виглядає такою, як це показано у табл. 10.5.

Таблиця 10.5 – Платіжна матриця гри «Курча»

	Поступитися	Не поступитися
Поступитися	0, 0	-1, +1
Не поступитися	+1, -1	-100, -100

Гра «Шуліка і голуб». Гра «Шуліка і голуб» є «біологічним» прикладом гри. У цій версії двоє гравців, що володіють необмеженими ресурсами, вибирають одну з двох стратегій поведінки. Перша («Голуб») полягає в тому, що гравець демонструє свою силу, залякуючи противника, а друга («Шуліка») – в тому, що гравець фізично атакує противника. Якщо обидва з гравців вибирають стратегію «Шуліки», вони борються, наносячи один одному каліцтва. Якщо один з гравців вибирає стратегію «Шуліки», а другий «Голуба» – то перший перемагає другого. У разі, якщо обидва гравці – «голуби», то суперники приходять до компромісу, отримуючи виграш, який виявляється менше, ніж виграш «шуліки», що перемагає «голуба», як це впливає з платіжної матриці цієї гри (табл. 10.6).

Таблиця 10.6 – Платіжна матриця гри «Шуліка і голуб»

	Шуліка	Голуб
Шуліка	$1/2*(V-C), 1/2*(V-C)$	$V, 0$
Голуб	$0, V$	$V/2, V/2$

У цій грі (табл.10.6) V – ціна угоди, C – ціна конфлікту, причому $V < C$.

У грі «Шуліка і Голуб» є три точки рівноваги Неша:

1. Перший гравець вибирає «Шуліку», а другий «Голуба».
2. Перший гравець вибирає «Голуба», а другий «Шуліку».
3. Обидва гравці вибирають змішану стратегію, в якій «Шуліка» вибирається з ймовірністю P , а «Голуб» - з ймовірністю $1-P$.

Гра «Дилема в'язня». Гра «Дилема в'язня» – одна з найбільш поширених конфліктних ситуацій, що розглядається в теорії ігор.

Класична «Дилема в'язня» звучить наступним чином: двоє підозрюваних, A і B , знаходяться в різних камерах. Слідчий, відвідуючи їх поодиноці, пропонує угоду такого змісту: якщо один з них буде свідчити проти іншого, а другий буде мовчати, то перший укладений буде звільнений, а другого засудять на 10 років. Якщо обидва будуть мовчати, то відсидять по 6 місяців. Якщо обидва зрадять один одного, то кожен отримає по 2 роки. Кожен з ув'язнених повинен прийняти рішення: зрадити подільника

або мовчати, не знаючи про те, яке рішення прийняв інший. Дилема: яке рішення приймуть в'язні? Така ситуація може виникати коли відбувається розлідування нещасного випадку на виробництві і треба встановити вінуватих. Платіжну матрицю гри наведено у табл.10.7.

Таблиця 10.7 – Платіжна матриця гри «Дилема в'язня»

	В'язень В мовчить	В'язень В зраджує
Ув'язнений А мовчить	Обох засуджено на 6 місяців.	В'язня А засуджують на 10 років. В'язень В виходить на свободу.
В'язень А зраджує	В'язня А засуджують на 10 років. В'язень виходити на волю.	Обох засуджено на 2 роки.

В даному випадку, результат базується на рішенні кожного з в'язнів. Положення гравців ускладнюється тим, що вони не знають про те, яке рішення прийняв інший, і тим, що вони не довіряють один одному.

Найкращою стратегією гравців буде кооперація, при якій обидва мовчать, і отримують максимальний виграш (менший термін), кожне інше рішення буде менш виграшним.

Проаналізуємо гру «Дилема в'язня», перейшовши для наочності до платіжної матриці канонічного виду (табл. 10.8).

Таблиця 10.8 – Платіжна матриця канонічного виду гри «Дилема в'язня»

–	Кооперація	Відмова від кооперації
Кооперація	3, 3	0, 5
Відмова від кооперації	5, 0	1, 1

Відповідно до цієї матриці (табл. 10.8), ціна взаємної відмови від кооперації (S) становить по 1 балу для кожного з гравців, ціна за кооперацію (R) – по 3 бали, а ціна спокуси зрадити іншого (T) становить 5 балів. Можемо записати наступну нерівність: $T > R > S$. При повторенні гри кілька разів, вибір кооперації перевершує спокусу зрадити і отримати максимальний виграш:

$$2R > T + S.$$

Гра «Рівновага Неша». Рівновага Неша – це ситуація, коли ні у одного гравця немає стимулів змінювати свою стратегію при даній стратегії іншого гравця (іншої фірми), що дозволяє гравцям досягти компромісного рішення.

Визначення рівноваги Неша і його існування визначається наступним чином. Нехай (S, f) – це гра, в якій S – безліч стратегій, f – безліч виграшів. Коли кожен з гравців $i \in \{1, \dots, n\}$ вибирає стратегію x_i & $x_i \in S$, де $x = (x_1, \dots, x_n)$, тоді гравець i отримує виграш $f_i(x)$. Виграш залежить від стратегії, обраної усіма гравцями. Стратегія $x^* \in S$ є рівновагою Неша, якщо ніяке відхилення від неї якимось одним гравцем не приносить йому прибутку, тобто, для всіх i виконується наступна нерівність:

$$f_i(x^*) \geq f_i(x_i, x^* - i)$$

Наприклад, гра «Дилема в'язня» має одну рівновагу Неша – ситуацію, коли обидва ув'язнених зраджують один одного.

Найпростіше визначити рівновагу Неша можна по платіжній матриці, особливо у випадках, коли в грі беруть участь два гравці, що мають в арсеналі більше двох стратегій. Так як в цьому випадку формальний аналіз буде досить складним, застосовується мнемонічне правило, яке полягає в наступному: осередок платіжної матриці є рівновага Неша, якщо перше число, яке стоїть в ній, є максимальним серед всіх значень, представлених в шпальтах, а друге число, що стоїть в осередку – максимальне число серед усіх рядків.

Наприклад, можна застосувати це правило для матриці 3×3 (табл. 10.9).

Таблиця 10.9 – Платіжна матриця 3х3 гри
«Рівновага Неша»

	A	B	C
A	0, 0	25, 40	5, 10
B	40, 25	0, 0	5, 15
C	10, 5	15, 5	10, 10

Точки рівноваги Неша: (B, A) , (A, B) і (C, C) . Відповідно, для осередку (B, A) , так як 40 – максимальне значення в першому стовпці, 25 максимальне значення у другому ряду. Для осередку (A, B) 25 – це максимальне значення у другому стовпці, 40 - максимальне значення у другому ряду. Те ж саме і для осередку (C, C) .

Розглянемо приклад гри, щодо забруднення (довкілля). Тут об'єктом нашої уваги стане такий вид побічних ефектів виробництва, як забруднення. Якби фірми ніколи і нікого не питали про те, як їм поступити, будь-яка з них швидше воліла створювати забруднення, ніж встановлювати дорогі очисники. Якщо ж якась фірма зважилася б зменшити шкідливі викиди, то витрати, а отже, і ціни на її продукцію, зросли, а попит впав. Цілком можливо, ця фірма просто збанкрутувала. Живучи в жорсткому світі природного відбору, фірми швидше віддадуть перевагу залишатися в умовах рівноваги Неша

(осередок D), при якому не потрібно витратити кошти на очисні споруди і технології. Жодної фірмі не вдасться підвищити прибуток, зменшуючи забруднення.

Таблиця 10.10 – Платіжна матриця гри «Рівновага Неша» щодо забруднення довкілля

	Фірма 1	
Фірма 2	Низький рівень забруднення	Високий рівень забруднення
Низький рівень забруднення	A 100,100	B -30,120
Високий рівень забруднення	C 120,-30	D 100,100

Вступивши в економічну гру фірми 1 та 2, кожна з яких є неконтрольованою державою і максимізує прибуток. Сталеливарна компанія буде створювати забруднення води і повітря. Якщо будь-яка фірма спробує очищати свої викиди, то тим самим вона буде змушена підвищити ціни і потерпіти збитки. Некооперативна поведінка встановить рівновагу Неша в умовах високих викидів. Уряд може вжити заходів з тим, щоб рівновагу

перемістилося в клітинку А. В цьому положенні забруднення буде незначним, прибутку же залишаться тими ж.

Ігри забруднення – один з випадків того, як механізм дії «невидимої руки» не спрацьовує. Це ситуація, коли застосовувати рівновагу Неша неефективно. Іноді подібні неконтрольовані ігри стають загрозливими, і тут може втрутитися уряд. Встановивши систему штрафів і квот на викиди, уряд може спонукати фірми вибрати результат А, відповідний низького рівня забруднення. Фірми заробляють рівно стільки ж, скільки і раніше, при великих викидах, світ же стає кілька чистіше.

10.5. Прийняття рішень в умовах ризику. Критерій очікуваного значення

Використання критерію очікуваного значення обумовлено прагненням *максимізувати очікуваний прибуток* (або *мінімізувати очікувані витрати*). Використання очікуваних величин припускає можливість багаторазового вирішення однієї і тієї ж задачі, поки не будуть отримані досить точні розрахункові формули. Математично це виглядає так: нехай X – випадкова величина з математичним очікуванням MX і дисперсією DX . Якщо x_1, x_2, \dots, x_n - значення випадкової величини (в.в.) X , то середнє арифметичне їх (вибіркове середнє) значень $\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$ має дисперсію DX/n . Таким чином, коли $n \rightarrow \infty$ $DX/n \rightarrow 0$ і $\bar{x} \rightarrow MX$.

Іншими словами при досить великому обсязі вибірки різниця між середнім арифметичним і математичним очікуванням прагне до нуля (так звана гранична теорема теорії ймовірності). Отже, використання критерію очікуване значення справедливо тільки в разі,

коли одне і теж рішення доводиться застосовувати досить велике число раз. Вірно і зворотне: орієнтація на очікування буде приводити до невірних результатів, для рішень, які доводиться приймати невелику кількість разів.

В системі СУОП приходиться вирішувати багато питань, які вимагають застосування теорії Ігр. *Наприклад*, розслідування нещасного випадку на виробництві, порушення працівником (-ми) вимог безпеки праці, не виконання вимог щодо застосування ЗІЗ тощо. Керівники вимушені знаходити підходи оптимізації у вирішенні цих питань і в нагоді їм є використання наведених вище наукових підходів теорії Ігр. На практичних заняттях будуть розглянуті деякі з них.

10.6. Контрольні запитання

Що мається на увазі у вислові «Наше життя - це гра»?

Що є одним з важливих умов прийняття рішень в умовах невизначеності та наявності загрози?

Яким чином пов'язані теорія ігр та конфліктні ситуації на виробництві?

Поняття стратегії у теорії ігр

Мета теорії ігор

Класифікація ігр

Гра «Курча»

Гра «Шуліка і голуб»

Конфліктна ситуація «Дилема в'язня»

Гра «Рівновага Неша»

Прийняття рішень в умовах ризику

11. ЛЮДСЬКІ ЧИННИКИ У СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ

11.1. Психологічні причини небезпечної поведінки людей.

По даним міжнародної статистики головним винуватцем нещасних випадків (до 90%) є людина. Чому же людина, яким притаманний інстинкт самозбереження, часто стають винуватцями нещасних випадків? На це питання відповідає «Психологія безпеки» – галузь психологічної науки, що вивчає психологічні причини нещасних випадків.

Найважливішими з цих причин є:

- *погіршення фізичних якостей людини* (гостроти зору і слуху, зниження мускульної сили, витривалості тощо), бо еволюція людини за останні 20-30 тис. років відбувалася в основному в сфері психіки і інтелекту, завдяки тому удосконалювалися знаряддя праці з одночасним зростанням небезпек і зниженням протидії людини їм;

- *об'єктивне зростання ціни помилки* з розвитком техніки і технології. Помилки сучасної людини (нещасні випадки на виробництві, загибель при аваріях тощо) обходяться йому дорожче, ніж помилки первісної людини;

- *конфлікт безпеки і продуктивності праці*. Робота по дотриманню вимог безпеки не пропорційна приросту продуктивності;

- *конфлікт інтенсивності самоосвіти і надійності обладнання*. З підвищенням надійності

обладнання у робітника менш можливості для підвищення своєї кваліфікації при пошуку і усуненні відмов;

▪ *адаптація людини до небезпеки.* При постійній взаємодії з технікою людина перестає боятися небезпек з ній зв'язаних.

Розгляд причин небезпечної поведінки людей дозволяє сформулювати *чотири групи чинників*, що зумовлюють спроможність людини протистояти небезпеці (рис. 11.1.):

1. *Біологічний чинник*, що впливає з природних властивостей людини і що виявляється в «несвідомому регулюванні» (безумовні рефлексивні самозбереження);

2. *Чинник, що визначає психофізіологічні функції людини* (сприймання, пам'ять, мислення тощо) і *стани* (втома, тривога, стрес тощо), що виявляються в чутливості людини до виявленої небезпеки і швидкості реакції на неї;

3. *Чинник, що впливає з професійних якостей людини* і що виявляється в знаннях, досвіді, навичках і умінні досягати цілі безпечним шляхом;

4. *Чинник, що характеризує спрямування людини* – його інтереси, мотиви, цілі тощо.

Означені чинники утворюють гнучку систему зі взаємно доповненнями і компенсаціями, що сприяють надійності існування і діяльності людини.

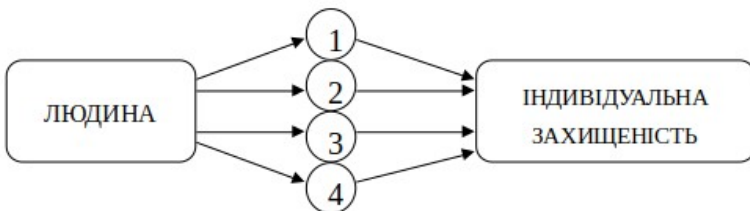


Рисунок 11.1 – Схема чинників, що зумовлюють спроможність людини протистояти небезпеці

Наприклад, необхідна безпека може бути досягнута за рахунок професійних вмій і спрямування людини (чинники 3 і 4) при порівняно невисоких біологічних і психологічних якостях.

Таким чином, *рівень індивідуальної захищеності* – це *результат* дії всіх вище наведених чинників.

11.2. Особистість та її безпека

Вивчення статистичного матеріалу про нещасні випадки дозволило зробити наступні висновки:

- є відзнаки в індивідуальних особливостях людей, що отримали більше або менше кількості травм;
- в основі механізму будь-якого нещасного випадку лежать загальні закономірності.

Існує велика кількість теорій, що пояснюють походження травм. Розглянемо деякі з них, що отримали найбільше підтвердження практичному застосуванню.

Теорія травматизму.

Теорія схильності до нещасних випадків австрійського лікаря К. Марбе, що в 1950 р.р. сформулював причину травматизму як *природжену якість людини*. Виходячи з цієї теорії, людина *народжується травматиком*, як народжується музикантом, митцем, математиком. Однією з основних причин схильності до нещасних випадків К. Марбе вважав спроможність до «*переключення*», що не однакова у людей і є природженою якістю.

Переключення – це швидка оцінка обставин і пристосовність до їх раптової зміни. Можуть бути переключення пам'яті, уваги, з розумової роботи на фізичну тощо.

До травм схильні люди з поганим переключенням.

Теорія К. Марбе, що проголосила фатальну приреченість людей, викликала заперечення багатьох вчених. Це питання не закрито до *сьогоднішнього* часу. Доведеним в теорії К. Марбе є те, що в ній *встановлений зв'язок між індивідуальними якостями людини і безпекою*, тобто робиться акцент на «*особисті чинники*».

«Теорія Доміно», що сформульована німецьким вченим Х. Гейнрихом в 1950 р.р., розглядає п'ять східців послідовності, що приводять до травми (рис. 11.2)



Рисунок 11.2 – Східці послідовності, що приводять до травми

З рис. 11.2. слідує: індивідуальні особливості людини і середовища 1 призводять до помилки 2, що представляє безпосередню причину небезпечної дії 3, в результаті виникає нещасний випадок 4, що призводить до травми 5.

В цьому ланцюжку, як при стоячих вертикально кісточках доміно, достатньою умовою виникнення травми може з'явитися випадковий «поштовх» першого східця. Відзнака цієї теорії від теорії К. Марбе полягає в тому, що в ній, окрім індивідуальних особливостей людини, враховуються в формуванні нещасного випадку також чинники середовища, розуміючи під середовищем не тільки його фізичні параметри, але і соціальні чинники (виховання, освіта, умови праці тощо), вплив яких К. Марбе заперечував.

«Теорія трьох ритмів» припускає, що у людей існують три стабільних коливань процесу з періодами 23, 28, 33 доби (біоритми), що визначають рівні фізичної, емоційної і інтелектуальної активності життя. В «критичні» дні значно знижуються психофізіологічні можливості людини, що сприяє нещасним випадкам. Якщо заздалегідь повідомляти людину про такі несприятливі дні, то таким чином, на думку авторів теорії, можна застерегти його від небезпек. Ця ідея була реалізована у 60-70 р.р. в Японії, Україні і інших країнах. В усіх випадках використання теорії на практиці, було відзначене зниження травматизму.

Успіх цієї теорії рядом авторів пояснюється чисто психологічним впливом: оповіщення про «критичні» дні сприяло підвищенню обережності працюючих. В нинішній час ця теорія вимагає подальших досліджень на якісно новому рівні та впровадження на усіх виробництвах.

Аналізуючи наведені вище теорії травматизму можна прийти до висновку, що однією з визначальних причин нещасних випадків є вплив індивідуальних якостей людини або, яку його називають – «людського чинника». Розглянемо аналіз впливу індивідуальних якостей людини на його власну безпеку та безпеку на виробництві.

У теперішній час кожна людина, яка має смартфон або ноутбук, може завантажити з Інтернету програму розрахунку біоритмів та використовувати її на практиці, що дозволить їй уникати ризиків при роботі та у житті.

11.3. Індивідуальні якості і безпека

Індивідуальні якості природжені і придбані можна уявити як комплекс:

- *психофізіологічних,*
- *соціальних,*
- *виробничих*

якостей, що характеризують захищеність людини або його схильність до нещасних випадків.

Розглянемо деякі показники, що характеризують ці якості.

Психофізіологічні якості. До психофізіологічних якостей людини слід віднести:

- емоційні властивості людини;
- властивості темпераменту;
- якість уваги – його концентрація, розподіл, переключення;
- пам'ять;
- спостережливість;
- витривалість;
- схильність до ризику;

Зупинимося докладніше на деяких з цих якостей.

Емоції та механізм їх виникнення. Наведемо загальне визначення емоцій. *Емоція – неспецифічне підсилення загальної активності коркових процесів або програма реакцій, направлених на задоволення органічних потреб людини. Емоції знаходять вираження в почуттях, настроїв, афектах людини.*

Емоції поділяються на позитивні, негативні та нейтральні, розрізняються по інтенсивності та моменту (проводження інтенсивності на час чинності).

В мозку людини (підкірка) є спеціальні центри позитивних та негативних емоцій. Безпосереднє подразнення електричним струмом цих центрів викликає відповідні реакції гніву або задоволення, що не знімаються жодними сигналами інших аналізаторів.

Ці центри були відкриті у 1953 році. Певна заслуга в рішенні цих питань належить відомому фізіологу Павлову. Показане, що тварини можуть загинути від голоду (їжа поруч), але не припиняють дратувати струмом центр задоволення. За наявності двох електродів – центру

задоволення і центру покарання можна управляти емоціями по радію.

Це означає, що в такому стані людина готова вчинити все, що завгодно, для того щоб задовольнити свої потреби. »Ад і рай знаходяться в голові кожної людини» – Павлов.

Центри емоцій зв'язані з «програмою життя» кожного організму, створеною еволюцією і особистим досвідом. Якщо програма реалізується, то сигнали, підтверджуючі її виконання, порушують центр задоволення і відповідна діяльність припиняється, (рішення задачі викликає у людини задоволення, голод змушує активно шукати їжу; реалізація – сигнали з органів травлення про насичення викликають також збудження центру задоволення).

При виникненні *перешкод або незадоволенні програмою* (немає підтверджуючих зворотних сигналів) – *включається центр гніву (покарання), що активізує діяльність.* Активізація кори неспецифічна, тобто підвищується активність всіх зон, але в більшому ступені тих центрів, на які націлена програма. Подібна активація протікає у наркоманів та у людей, що палять. Бажання жити в мирі ілюзій і задоволень настільки сильні, що відсутність наркотиків і потреба в них змушують людину вчиняти різні вчинки, що можуть бути небезпечні не тільки для нього, але і для навколишніх його людей.

Емоції – особисті критерії правильності дії. Емоції обов'язково мобілізують рухову активність, немає емоцій без рухового компоненту, хоча людина часто намагається його подавити.

Механізм виникнення емоцій. Механізм, зв'язаний з накопичуванням в крові адреналіну, забезпечує закономірний комплекс змін. Для емоцій характерно: підвищення частоти серцевої діяльності, дихання, підйом

кров'яного тиску, підсилення потовиділення, збільшення тонусу м'язів, дроз, розширення зіниць тощо. Особливо виражені ці ознаки при негативних емоціях.

При емоціях порушується чіткість сприймання, виникають помилки за рахунок зниження гальмувальних процесів невірної зорової оцінки (розширення зіниці) і тощо. Виникнення емоцій мимовільно, але в якій-то мірі визначається типом нервової системи. *Тривала емоційна напруга призводить до ряду захворювань і психічних розладів.*

Позитивні емоції виявляють сприятливий вплив на організм, а негативні призводять до помилкових дій, пригнічення психіки, ступору (заціпеніння).

Відомо, що величину емоцій E можна визначити наступним чином:

$$E = (-\Pi)(I-3), \tag{11.1}$$

де Π – потреба (стимул діяльності);

I – повна інформація про подію;

3 – існуюча інформація.

Із співвідношення (11.1) виходить:

Нейтральна емоція	$E = 0$	якщо $\Pi=0$ (немає програми, потреби дії),
		якщо $I=3$ (все відомо про подію);
Негативна емоція	$E = (-\Pi)(I)$	якщо $3=0$ (нічого невідомо про подію);
Позитивна емоція	$E = (-\Pi)(-3)$	якщо $3 > I$;

Боротьба з емоціями направлена на постачання персоналу максимально повною інформацією,

натренованість в екстремальних ситуаціях і полегшення функцій людини в системі управління.

Властивості темпераменту впливають на безпеку поведінки людей і враховуються при професійному підборі кадрів.

Розрізняють чотири типу особистості (темпераменту):

- *холерик* – чуттєво, духовно і інтелектуально активний і неврівноважений ;
- *сангвінік* – чуттєво, духовно і інтелектуально активний і урівноважений;
- *флегматик* – чуттєво, духовно і інтелектуально неактивний і урівноважений;
- *меланхолік* – чуттєво, духовно і інтелектуально неактивний і неврівноважений.

Схильність до ризику – індивідуальна психологічна характеристика, що виявляється в отриманні задоволення (ейфорії) від небезпечних дій. В процесі досліджень виявлене два види ризику:

- *немотивований* (безкорисливий) ризик, як засіб протидії небезпеки («боягуз не ризикує», «ризик – благородна справа»);
- *умотивований* (ситуативний) ризик, коли люди ризикують заради досягнення певних вигод, як засіб пристосування до ситуації і діючої в ній небезпеки.

Прояв двох виглядів ризику входить в поняття - *готовність до ризику*. Цей показник повинен враховуватися при оцінці схильності людини до нещасних випадків.

На частоту нещасних випадків виявляє вплив також *стать* людини. З *жінками* нещасні випадки зустрічаються *рідкіше*, що пояснюється біологічними особливостями психіки і відмінностями виховання. Наприклад, жінки більш терплячі і це дозволяє їм краще справлятися з

простими рутинними задачами, менш агресивні в ін., що виявляє вплив на безпеку праці. Але якщо створюється небезпечна ситуація, чоловіки частіше *уникають* нещасні випадки.

Соціальні якості. Соціальні якості формуються в результаті складної взаємодії спадкоємності *індивіда і його середою*. Це означає, що той або інший чинник середі буде по-різному виявлятися в залежності від спадкового матеріалу, на що він діє.

Чинники середі починають діяти ще до народження людини. Середі включає в себе величезне різноманіття змінних, починаючи від повітря, води, їжі, тобто фізичних та хімічних показників середі, і кінчаючи умовами виховання, навчання, трудової діяльності, відношеннями в трудовому колективі тощо.

Соціальні якості виявляють вплив на схильність людини до нещасних випадків.

Якостями, що характеризують погано захищеного перед небезпекою людини, можуть бути:

- ◆ мала чутливість до інших; труднощі що до оцінки ситуації і вибору засобу поведінки;
- ◆ низький інтелект;
- ◆ слабкий розвиток навичок;
- ◆ схильність до конфліктів;
- ◆ бажання справляти враження;
- ◆ віднесення травм на лічбу будь-яких об'єктивних причин, але не за рахунок власних недоліків (перцептивна реакція);
- ◆ безвідповідальність;
- ◆ часта зміна роботи;
- ◆ схильність до насмішок;
- ◆ схильність до вживання алкогольних і наркотичних речовин;
- ◆ та інші.

Виробничі якості. На безаварійну, тобто успішну роботу виявляють вплив виробничі якості людини, основними з яких є знання, досвід, навички і вміння і зв'язані з ними *професійний стаж і вік.*

В результаті досліджень встановлено, що в перший період навчання успішність росте по мірі збільшення стажу приблизно до 3-х років, а після цього різко уповільнюється (рис.11.3.).

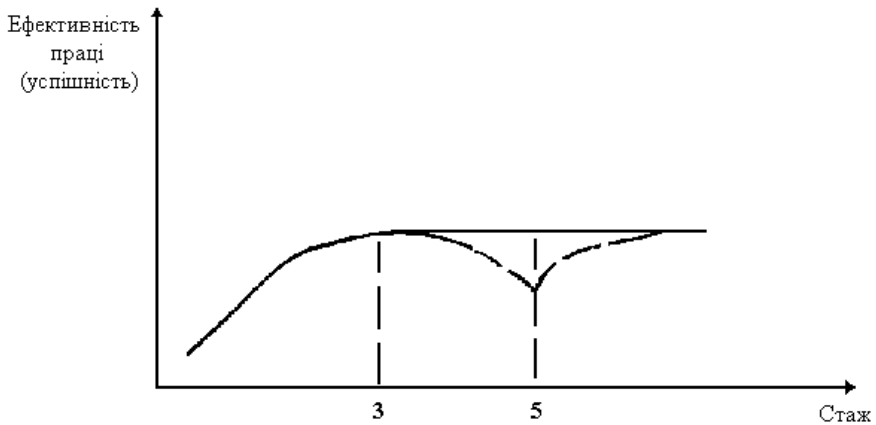


Рисунок 11.3 – Залежність між ефективністю роботи та стажем

На рис. 11.3 видно, що найбільш низька успішність – *пік первинної недбалості* – спостерігається на початку засвоєння професії і зумовлений недостатчею знань і досвіду працюючого. Пік вторинної недбалості може спостерігатися при стажі роботи 4-5 років (показаний на рис. 11.3 пунктиром) і є слідством переоцінки працюючим своїх можливостей (перехід з технікою на "ти").

Вплив віку на успішність роботи в період від 18-60 років відбивається незначно (рис. 11.4), бо в діапазоні

звичайної трудової діяльності людина достатньо успішно компенсує незначне пониження фізіологічних функцій.

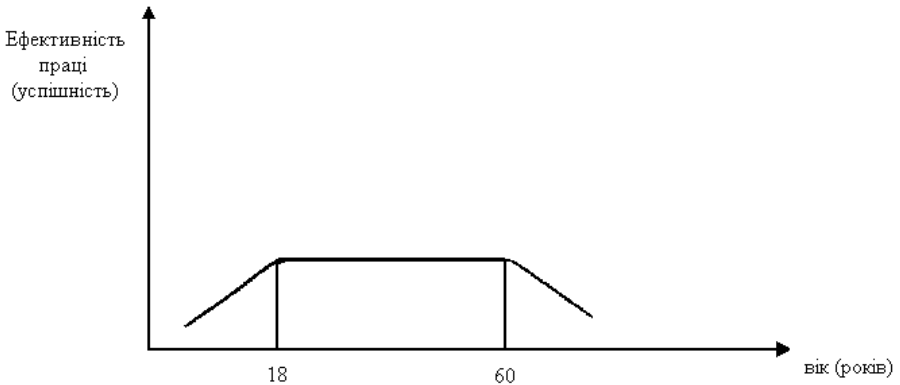


Рисунок 11.4 – Залежність між ефективністю роботи та віком

Аналізуючи дані, слідє відзначити, що забезпечення безпеки людини не може бути зведене тільки до врахування індивідуальних особливостей людини. Їх слідє розглядати з урахуванням *психофізіологічних станів*, що переживаються.

11.4. Психофізіологічний стан особистості та безпека

Психофізіологічний стан – це *тимчасові* фізіологічні зрушення в організмі людини, що, накладаючись на *стійкі* індивідуальні якості, впливають на результат його діяльності.

Такі стани можуть істотно впливати на психічні процеси, відбиватися на результатах діяльності. Наприклад, стан *тривоги* посилює спроможність до

швидкого виявлення і оцінки небезпеки, а стан *стомлення* знижує цю спроможність.

Зупинимось на найбільш загальних психофізіологічних станах, що сприяють підвищенню схильності до нещасних випадків.

Трудове стомлення – тимчасовий занепад сил (втома), що приводить до зниження дієздатності при фізичній або розумовій роботі.

Трудове стомлення є одним з найбільш небезпечних психофізіологічних станів. Характеризується *конфліктом* між *зовнішніми* вимогами та *можливостями*, які знизилися, людини, що сприяє схильності до нещасних випадків.

Для розв'язання цього конфлікту людина мобілізує *внутрішні* резерви, що може бути викликане потребою в роботі, інтересом, мотивацією тощо, в результаті чого виникає комплекс відповідних психофізіологічних процесів, що відбуваються в корі великих півкуль, що в свідомості працюючого переживається як стан втоми.

Треба пам'ятати, що кожному 4-ому нещасному випадку передує стомлення.

Монотонія – психофізіологічний стан, викликаний одноманітністю сприймання або дій.

Розрізняють два види монотонії:

◆ *інформаційне перевантаження* – надходження великого обсягу однакових сигналів при багатократному повторенні одноманітних дій (конвеєр);

◆ *постійність інформації і недолік нової* (спостереження за приладними пультами в чеканні важливого сигналу).

Монотонія характеризується наступними признаками:

◆ «виробнича нудьга»;

◆ уявлене збільшення тривалості робітничого дня;

- ◆ стомлення;
- ◆ сонливість,

що призводять до збільшення травматизму і аварій.

Стрес. Під стресом (від англ. – тиск, напруга) прийнято розуміти стан психічної напруженості, викликане труднощами, небезпеками, що виникають у людини при рішенні важливої для нього задачі. Поняття стресу у 1936 р. ввів фізіолог Г. Сальє при описі механізму фізіологічної адаптації.

Стосовно проблеми безпеки праці прийнято говорити про трудовий стрес.

Стрес виявляється в зростанні біоелектричної активності мозку, підвищенні частоти серцебиття, зростанні систолічного тиску крові, розширенні кровоносних судин, збільшенні змісту лейкоцитів в крові, тобто в цілیم ряді фізіологічних зрушень в організмі, сприятливих підвищенню його енергетичних можливостей та успішності виконання складних та небезпечних дій. Тому самий по собі стрес є не тільки доцільною захисною реакцією людського організму, але і механізмом, що сприяє успіху трудової діяльності.

Однак між активацією нервової системи та ефективністю дій немає пропорційної залежності. В початку минулого сторіччя Р. Іерксом та Дж. Додсоном була встановлена закономірність, що отримала назву інвертованої U-подібної кривої (рис. 11.5).

Як слідує з рис.11.5, стрес виявляє позитивний вплив на результати, лише до тих пір, доки він не перевищив критичного рівня. При перевищенні цього рівня в організмі розвивається процес *гіпермобілізації*, що тягне за собою порушення механізмів саморегулювання і погіршення результатів діяльності аж до її зриву.

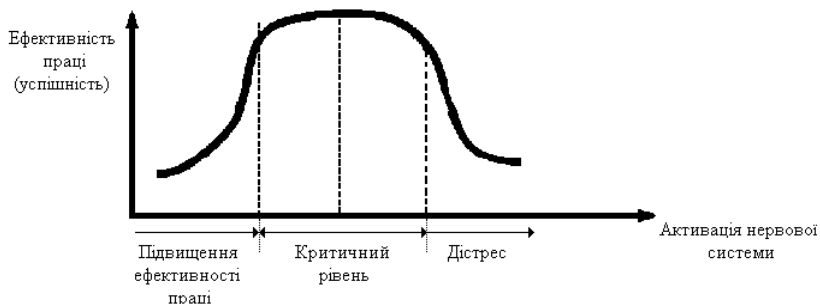


Рисунок 11.5 – Закон Йеркса-Додсона, що зв’язує активацію нервової системи з ефективністю праці

Стрес, що перевищує критичний рівень, називають *дістресом*. В стані *дістреса* людина метушиться, виглядає загнаною, працює через силу, не бачить, що відбувається навколо. В результаті виникають небезпечні ситуації, підвищується імовірність нещасних випадків. Прояв активації нервової системи і самі криві Йеркса - Додсона для різноманітних людей індивідуальні. Люди з сильною нервовою системою при виконанні звичайних задач під впливом активації підвищують ефективність праці, (рис.11.5, ліва частина кривої). Люди же з більш слабкою нервовою системою і симптомами тривоги відповідають високою активацією вже на порівняно прості задачі, тобто переходять в стан дістреса зі всіма наслідками, що звідси випливають.

Таким чином, стрес, що не перевищує певного рівня, сприяє подоланню труднощів. Однак необхідно пам’ятати, що це досягається за рахунок мобілізації ресурсів організму. Часта мобілізація ресурсів негативно відбивається на здоров’ї людей. Дослідженнями встановлене, що тривалі стреси істотно знижують компенсаторні функції організму. Необхідна готовність до

праці забезпечується при 40-60%, а в особливих випадках, короткочасно, – при 80% від максимального розумового або фізичного навантаження. Що залишилися 20% допустимо використовувати лише в випадках виникнення загрози для життя.

Стрес в особистому житті (емоційний) впливає на ефективність роботи в не меншій мірі, ніж трудовий.

Алкогольне сп'яніння. Характеризується негативним впливом на індивідуальні якості людини та, зокрема, на ті якості, що допомагають протистояти небезпеці. Ознаками алкогольного сп'яніння є: підвищений настрій, що змінюється станом роздратованості, утратою здатності оцінювати ситуацію в цілому, неадекватністю вчинків, розладом координації руху, нечіткістю мови та ін., що не дозволяє приймати правильні рішення по забезпеченню безпеки як особистої, так і безпеки оточуючих.

Пережита небезпека чи «травматичний невроз», описаний австрійським лікарем - психологом З. Фрейдом у 1930 р., характеризується занепокоєнням тривоги, що виникає як реакція на пережитий нещасний випадок і сприймається людиною не в минулому, а як майбутнім ще пережити. Звідси виникає настрій на допущення помилки.

Стан тривоги. Характеризується емоційною реакцією людини (переживання) на зміст виниклої ситуації. Така реакція може сприяти успіху в даній обстановці чи протидіяти йому в залежності від значимості переживань.

Для оцінки значимості переживань використовуються рівні тривоги, що у міру зростання оцінюються як:

- небагато тривожний T_0 ;
- тривожний T_1 ;
- дуже тривожний T_2 ;

- винятково тривожний T_3 ;

Приклад. Дошка встановлена на висоті 10 м чи 1 м, по ній потрібно пройти. Імовірність оступитися в обох випадках однакова і прийнята $P=10\%$.

Зміст ситуації у свідомості людини оцінюється по:

- рівню важкості травм S ;
- імовірності її виникнення $P, \%$;

У першому випадку можна одержати мікротравму - виникає рівень тривоги T_0 ;

В другому випадку можна стати інвалідом, чому відповідає рівень тривоги T_2 ;

На рис.11.6 відбиті ці ситуації і відповідні їм рівні тривоги ($T_1 - T_3$).

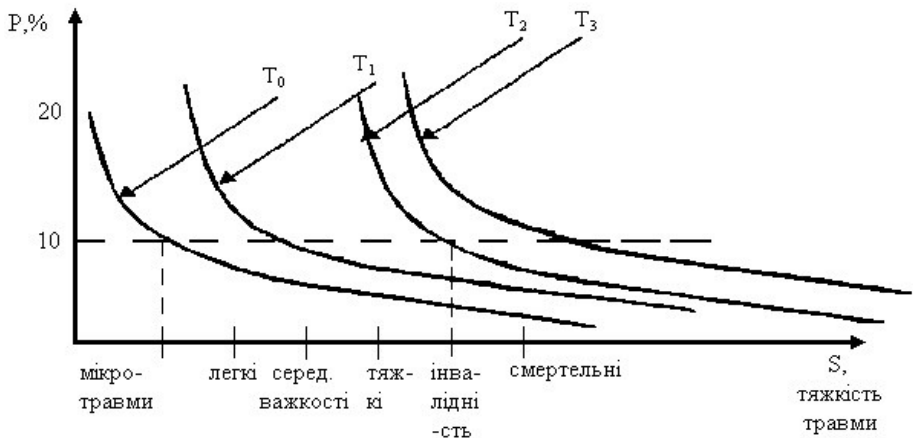


Рисунок 11.6 – Залежність між імовірністю виникнення і важкістю травми.

Для одержання об'єктивних оцінок відношення даної людини до небезпеки використовують його *індивідуальні криві*.

По взаємному розташуванню його індивідуальних кривих відносно осереднених робиться висновок, чи є він більш-менш обережний, чим більшість інших. Ці характеристики використовуються при оцінці професійної придатності, зокрема, при аналізі функціонування системи «людина – машина – середовище».

Аналізуючи викладене, слід зазначити, що властивості особистості і психофізіологічні стани є основними психологічними факторами, що впливають на безпеку трудових процесів. Однак дослідження в цій області не можуть обмежуватися вивченням тільки цих факторів. Необхідно установити яким чином вони реалізуються в нещасні випадки.

Нещасний випадок може відбутися в процесі діяльності людини. В діяльності виявляються ситуативні (поведінкові) якості людини.

11.5. Діяльність та її безпека

Соціально-психологічні складові діяльності.
Діяльність виникає тоді, коли у свідомості людини актуалізується конкретний об'єкт.

Розглянемо соціально-психологічні складові діяльності (рис. 11.7)

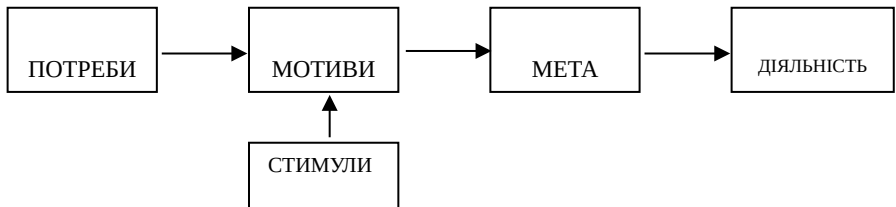


Рисунок 11.7 – Соціально- психологічні складові діяльності

Потреба – це об'єктивна необхідність, нестаток людини в речовині, енергії, інформації. Їх можна об'єднати в три групи:

- жити;
- пізнавати;
- займати відповідне положення в суспільстві.

Потреби є побудниками діяльності.

Мотиви – усвідомлені психологічні фактори, що визначають вибір мети. Є формою суб'єктивного відображення потреб.

Мета – це ідеальний результат діяльності, що представляється думкою. «Мотив – мета» – це свого роду «вектор», що задає спрямованість і інтенсивність мети. Мета зв'язує соціально-психологічні (потреби – мотиви) і процесуальні аспекти діяльності.

Діяльність – це форма активного відношення людини до навколишнього світу. Вектор «Мотив – мета» реалізується в діяльності. Здійснена діяльність (досягнута мета) створює можливість «переводу» цього вектору на новий рівень. У цьому русі розвиваються здібності людини, його інтереси, навички, морально-вольові якості, професійна майстерність, тобто особистість у цілому. У діяльності відбувається взаємо доповнення і компенсація одних якостей іншими (рис. 11.7).

Стимули – зовнішні фактори, посилюючі прагнення до мети.

На рис. 11. 8 наведено приклад, у якому побудником діяльності є потреба «займати відповідне положення в суспільстві» і варіанти мотивів і цілей.

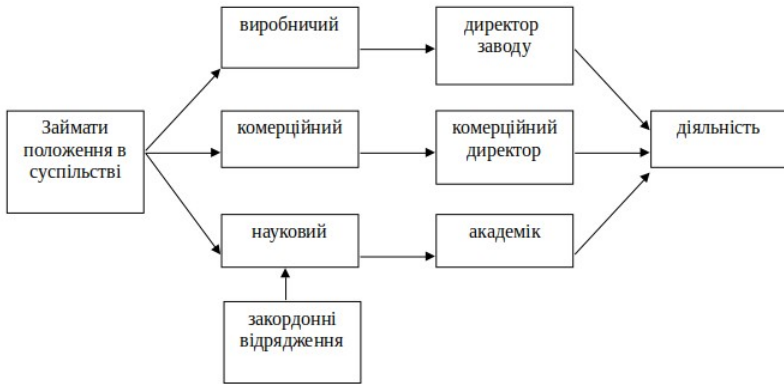


Рисунок 11.8 – Приклад варіантів мотивів і цілей

У даному прикладі (рис.11.8), якщо розглядати, наприклад, виробничий мотив, а досягнути мету (директор заводу), як відповідну верхньому рівню потреб, то на нижніх рівнях метою можуть бути: стати майстром, начальником цеху, заступником директора тощо.

На кожному з цих рівнів відбувається розвиток особистості: вольових і професійних якостей, морально-етичних та ін., в наслідок чого визначається стиль роботи керівництва і зв'язаний з ним загальний рівень безпеки.

Аналізуючи в цілому процес виникнення діяльності можна зробити висновок, що саме мотиви є тими *психологічними факторами*, виходячи з яких, людина в даній ситуації діє так, а не інакше, часом навмисно йде на порушення правил, піддаючи себе небезпеці. Пояснити такі дії можна досліджуючи мотиви поведження людей.

11.6. Мотиви і безпека діяльності

Розглянемо мотиви трудової діяльності. В праці виявляються основні *п'ять мотивів*:

- *вигода* – матеріальна (зарплата, премія) і соціальна (престиж, самоствердження);
- *безпека* – фізична (уникнути небезпеки), матеріальна (позбавлення премії, зниження зарплати), соціальна (адміністративне покарання, втрата авторитету);
- *зручність* – вибір способу виконання завдання з меншими енергетичними витратами і психологічною напругою;
- *задоволення* – задоволення від результатів праці в залежності від ціннісних критеріїв;
- *нівелювання в трудовому колективі* – бути не гірше інших.

При дотриманні балансу мотивів можна досягти досить високий рівень безпеки.

У дійсності *питома вага* кожного з перерахованих вище мотивів, тобто *сила окремих мотивів*, в загальній мотивації у різних людей *не однакова*. Розглянемо це на прикладах, які наведено у табл.11.1.

Оскільки ризиковане поведження визначається як індивідуальними якостями суб'єкта, так і об'єктивно діючими ситуаційними факторами, було встановлено, що в схильності особистості до мотивованого ризику виявляється і схильність до немотивованого ризику. У той же час схильність людини до немотивованого ризику ще не свідчить про наявність схильності до мотивованого ризику.

Таблиця 11.1 – *Приклади втілення мотивів на роботі працівниками*

Перевага мотиву «вигода» над мотивом «безпека»	У пологовий будинок була доставлена робітниця малярського цеху. Народилася дитина з деформованим черепом та іншими аномаліями. На 7-му тижні
------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	вагітності вона була переведена на роботу в їдальню, але фактично залишилася на колишньому місці, тому що у малярів більш висока заробітна плата.
<i>Невизначеність об'єкта устремління і, як результат, недостатня сила мотиву «безпека», можливе посилення інших мотивів</i>	Робітник недостатньо чітко уявляє небезпеку своєї праці в результаті незадовільного <i>навчання навичкам</i> по дотриманню правил безпеки. Отже, мотивація до використання засобів захисту і виконання правил безпеки буде невисокою.
<i>Заміщення мотивів</i>	Муляр не використовує захисну каску, тому що виробився “помилковий мотив”: «Від каски болить голова». У результаті склався стійкий динамічний стереотип працювати без каски.
<i>Вплив посиленої мотивації при односпрямованій дії декількох мотивів</i>	Робітник, виконуючи роботу з дотриманням правил безпеки і <i>посиленою мотивацією до завершення роботи</i> , одержує наприкінці зміни додаткове завдання. У результаті поспіху робітник може невірно оцінити ситуацію і, як результат, – нещасний випадок.
<i>Конфлікт мотивів</i>	Якщо приходиться вибирати між <u>вигодою</u> (більше виробити продукції з відповідною оплатою) і <u>суворим дотриманням правил безпеки</u> при деякому обмеженні дій робітника, найчастіше вибирають перший варіант.

<i>Ризик у ролі мотиву</i>	<i>Ризик у ролі мотиву може виступати у випадку прагнення особистості до гострих відчуттів. Про ризик можна говорити також як про потребу, властиву людям схильним до ризику.</i>
----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

При аналізі нещасних випадків варто враховувати такий показник як *готовність до ризику*, виділяючи її спрямованість на:

- *досягнення мети,*
- чи
- *запобігання невдачі.*

Було встановлено, що з робітниками, у яких переважна мотивація до уникнення невдачі і високою готовністю до ризику, нещасні випадки відбуваються частіше, ніж з тими, хто має переважну мотивацію до успіху при високій готовності до ризику.

Розглянуті закономірності впливу «людського фактору» на процеси трудової діяльності вказують шляхи використання цього фактору для рішення проблем безпеки.

11.7. Підвищення безпеки праці з урахуванням «людського фактору»

Основними напрямками підвищення безпеки праці з урахуванням «людського фактору» є ;

- професійний добір;
- створення психологічного настрою на безпеку;
- стимуляція безпечної діяльності;
- навчання безпечній діяльності.

Професійна орієнтація. Професійна орієнтація повинна починатися із середніх класів загальноосвітніх шкіл. Система професійної орієнтації включає вивчення *фізіологічних і психологічних особливостей організму з*

урахуванням *біографічних* та ін. даних. Застосування системи професійної орієнтації є важливою передумовою формування однорідних професійних груп і колективів.

Професійний добір. Система професійного добору служить своєрідним “фільтром”, що перешкоджає прийому на роботу осіб з фізіологічними і психологічними характеристиками, що не відповідають вимогам відповідних технологічних процесів.

Ця система *не ущемляє* право на працю окремих членів суспільства, а спрямована на захист як самого індивіда, так і усього виробничого колективу.

Величезні можливості засобів обчислювальної, інформаційної і вимірювальної техніки, дослідження в області медицини і психології дозволили розробити методику для проведення тестування, контролю фізіологічних і психологічних характеристик людини і аналізу отриманих даних з метою визначення професійної придатності.

Дослідження з метою визначення професійної придатності проводять у двох напрямках:

- у процесі підготовки операторів до діяльності;
- у процесі функціонування системи «людина – машина – середовище».

Дослідження в процесі підготовки операторів включають три напрямки:

1. *Професійна діагностика* – вимір індивідуальних психологічних і психофізіологічних характеристик для з'ясування їхньої відповідності вимогам діяльності;

2. *Навчання, тренування операторів*, контроль результатів діяльності за допомогою спеціальних стендів, тренажерів, що імітують психологічний зміст діяльності;

3. *Формування груп операторів* виробляється експериментальним шляхом з метою виявити структуру

групи, ролі її учасників, показники сумісності спрацьованості;

Дослідження в процесі функціонування системи «Людина – машина – середовище» включають:

1. Одержання часових характеристик;
2. Визначення помилок оператора;
3. Розробка алгоритмів дій у процесі прийому, переробки і видачі інформації;
4. Оцінка надійності діяльності оператора;
5. Установлення відповідності антропометричних і психофізіологічних характеристик робочого місця умовам оптимальності;
6. Оцінка параметрів зовнішнього середовища – освітленість, метеорологічні фактори, шум, вібрація і ін.;
7. Оцінка групової взаємодії;
8. Оцінка психофізіологічного стану.

11.8. Створення психологічного настрою на безпеку

Психологічний настрій на безпечну працю – це така концепція, при якій кожне порушення правил безпеки розглядається як підрив авторитету окремого працівника і всього колективу в цілому.

З цього випливає, що на кожному підприємстві повинна бути створена *супільна думка* про те, що кожний (робітник, майстер, начальник цеху, директор заводу) несе *відповідальність* за безпеку.

Для створення необхідного психологічного настрою потрібні не окремі заходи, зрідка проведені, а спланована загальна політика керівництва.

Закріплення настрою на безпечну працю досягається і масовим контролем і взаємоконтролем за виконанням норм безпеки.

Приклад. Створенню психологічного настрою на безпеку велика увага приділяється в Японії. Кожне порушення правил безпеки розглядається, як підрив іміджу фірми і образу її співробітників.

Закріпленню настрою на безпечну працю сприяє і стимуляція безпечної діяльності.

Стимуляція безпечної діяльності. Стимуляція безпечної діяльності є одним зі шляхів посилення мотивації до безпечної праці. *Стимуляція* може бути *позитивною* (заохочення) та *негативною* (покарання). *Негативна стимуляція* застосовується в основному до *керівників* виробництва. У законодавстві України передбачені наступні види покарань: дисциплінарне, адміністративне, матеріальне та карне. *Позитивна стимуляція* традиційно застосовується до *працівників* і передбачає заохочення визначеного виду (не тільки матеріальні). У розробці системи заохочень головним є встановлення *залежності* між дотриманням правил безпеки й одержанням винагороди, зрозумілої для всіх працюючих.

Навчання безпечної діяльності. *Навчання* безпечної діяльності служить цілям *вироблення навичок* безпечної праці. У процесі навчання людина одержує дві категорії знань: «*холодні*» (теоретичні) та «*гарячі*», накопичені у власній практичній діяльності.

При навчанні питанням безпеки праці необхідно «*холодні*» знання викладати в такій формі, щоб вони якнайлегше перетворювалися в свідомості людей для рішення практичних задач. Доведено, що навчити робітників вмінню приймати правильні рішення складніше, ніж виробити в них навички і прийоми безпечної праці.

Вчені розробили методикау навчання умінню приймати правильні рішення, що складається із шести рівнів:

- *знання* – здатність *впізнавати*, ідентифікувати окремі явища;
- *розуміння* – здатність *пояснити* дане явище;
- *застосування* – здатність *використовувати* отримані знання;
- *аналіз* – здатність *розкласти* дане явище на складові;
- *синтез* – здатність *відтворити* дане явище по його складовим;
- *оцінка* – здатність критично *осмислити* дане явище.

В ході навчання *перехід* від рівня «знання» до рівня «оцінка» потрібно робити послідовно, що сприяє закріпленню в пам'яті визначеної методики дій у реальній ситуації.

Навчання безпечній праці зв'язано і з професійним навчанням. Тому вироблення рухових, сенсомоторних та інших трудових навичок варто орієнтувати не тільки на одержання виробничих результатів, але обов'язково на одержання їх самим безпечним шляхом.

Професійний добір, створення психологічного настрою на безпеку, стимуляція безпечної діяльності, навчання їй служать, з позиції психології, однієї з найважливішої мети – вихованню безпечної поведінки.

11.9. Контрольні запитання

- Психологічні причини небезпечної поведінки людей.
- Рівень індивідуальної захищеності.
- Особистість та її безпека.
- Теорії травматизму.
- Індивідуальні якості і безпека.

«Теорія Доміно».
«Теорія трьох ритмів».
Соціальні якості.
Виробничі якості.
Психофізіологічний стан особистості та безпека.
Монотонія .
Стомленність.
Стрес.
Діяльність та її безпека.
Мотиви і безпека діяльності.
Підвищення безпеки праці з урахуванням
«людського фактору».
Створення психологічного настрою на безпеку.

12. ТЕОРІЯ ХАОСА І БЕЗПЕКА НА ВИРОБНИЦТВІ

12.1. Загальні підходи до теорії Хаосу

Теорія Хаосу останнім часом є одним з наймодніших підходів до дослідження ринку. На жаль, точного математичного визначення поняття хаос поки не існує. Зараз часто хаос визначають як крайню непередбачуваність постійного нелінійного і нерегулярного складного руху, що виникає в динамічній системі. Інтерес представляє розглянути питання безпеки на виробництві з точки зору теорії Хаосу. Особливо це стає актуальним якщо взяти до уваги, що проблема безпеки організації праці і збереження здоров'я залишається до теперішнього часу не вирішеною проблемою. В якості основи використовуємо статтю, опубліковану в Інтернеті у 2007 році^[1].

Слід зазначити, що хаос не випадковий, не дивлячись на властивість непередбачуваності. Більш того, хаос динамічно детермінований (визначений), також як і фактори робочої зони. На перший погляд непередбачуваність межує з випадковістю - адже ми, як правило, не можемо передбачити якраз випадкові явища. І якщо ставитися до травм і аварій, як до випадкових блукань, то це якраз той самий випадок.

Однак хаос не випадковий, він підпорядковується своїм закономірностям. Відповідно до теорії Хаосу, якщо ви говорите про хаотичному русі факторів середовища, то ви повинні мати на увазі не випадкове рух факторів, а інше, особливо впорядкований рух. Якщо динаміка робочого процесу в деякі моменти хаотична, то вона не випадкова, хоча і як і раніше непередбачувана.

¹<http://forex.ua/>">Форекс клуб 'Білий комірець'

Непередбачуваність хаосу пояснюється в основному суттєвою залежністю від початкових умов. Така залежність вказує на те, що навіть найменші помилки при вимірюванні параметрів досліджуваного об'єкту можуть призвести до абсолютно невірним прогнозам. Ці помилки можуть виникати внаслідок елементарного незнання всіх початкових умов. Щось обов'язково вислизне від нашої уваги, а значить, вже в самій постановці завдання буде закладена внутрішня помилка, яка призведе до істотних погрішностей у прогнозах. Стосовно до неможливості робити довгострокові прогнози погоди істотну залежність від початкових умов іноді називають «Ефектом метелика». «Ефект метелика» вказує на існування ймовірності того, що помах крила метелика в Бразилії призведе до появи торнадо в Техасі. До питань безпеки це можна інтерпретувати, як вплив наявності людського фактора в процесі праці, який може носити складні психофізіологічні коливання і мати несподівані зміни, може також мати прояви «Ефекту метелика» або ефекту «Доміно».

Додаткові неточності в результат досліджень і розрахунків можуть вносити самі на перший погляд непомітні фактори впливу на систему, які з'являються в період її існування з початкового моменту до появи фактичного і остаточного результату. При цьому чинники впливу можуть бути як екзогенні (зовнішні), так і ендогенні (внутрішні).

Яскравим прикладом хаотичного поведінки є рух більярдної кулі. Якщо ви коли-небудь грали в більярд, то знаєте, що від початкової точності удару, його сили, положення кия щодо кулі, оцінка місця розташування кулі, за яким наноситься удар, а також розташування інших куль, які перебувають на столі, залежить кінцевий результат. Найменша неточність в одному з цих факторів

призводить до самих непередбачуваних наслідків - куля може покотитися зовсім не туди, куди очікував біл'ярдист. Більш того, навіть якщо біл'ярдист все зробив правильно, спробуйте передбачити руху кулі після п'яти-шести сутичок.

Розглянемо ще один приклад впливу початкових умов на кінцевий результат. Уявімо собі, наприклад, камінь на вершині гори. Варто його трохи підштовхнути, і він покотиться вниз до самого підніжжя гори. Зрозуміло, що зовсім мале зміна сили поштовху і його напрямку може привести до дуже значної зміни місця зупинки каменя біля підніжжя. Є, правда, одна дуже суттєва різниця між прикладом з каменем і хаотичної системою. У першому фактори впливу на камінь під час його падіння з гори (вітер, перешкоди, зміни внутрішньої структури внаслідок зіткнень тощо) вже не чинять сильного впливу на кінцевий результат у порівнянні з початковими умовами.

У хаотичних системах малі зміни роблять значний вплив на результат не тільки в початкових умовах, але і інших факторах.

Заготовка або деталь, що впала з робочого столу, може з'явиться несподівано на шляху проходження електрокари, яка від наїзду на перешкоду, змінює свій маршрут, а далі вже наслідки, які можуть носити самий різний характер. Результат – від травми до повномасштабної аварії на виробництві.

Один з головних висновків теорії хаосу, таким чином, полягає в наступному – майбутнє передбачити неможливо, так як завжди будуть помилки вимірювання, породжені в тому числі незнанням усіх факторів і умов.

Те ж саме по-простому – *малі зміни та/або помилки можуть породжувати великі наслідки.*

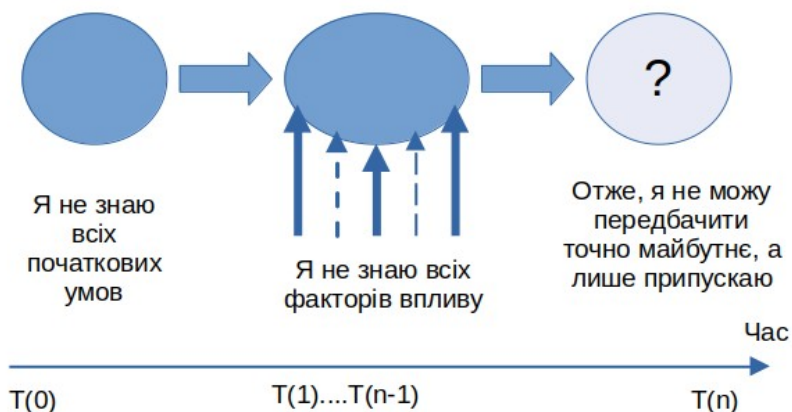


Рисунок 12. 1 – Істотна залежність результату від початкових умов і факторів впливу

Ще одним з основних властивостей хаосу є експоненціальне накопичення помилки. Згідно з квантовою механікою початкові умови завжди невизначені, а відповідно до теорії хаосу – ці невизначеності будуть швидко приростати і перевищать допустимі межі передбачуваності. В теорії травматизму, також має місце така залежність, коли накопичення дрібних травм, одержуваних робочим у процесі виконання завдання, в кінці кінців призводить до серйозної травми або аварії.

Другий висновок теорії Хаосу – *достовірність прогнозів згодом швидко падає.*

Даний висновок є істотним обмеженням для застосування фундаментального аналізу, що оперує, як правило, саме довгостроковими категоріями.

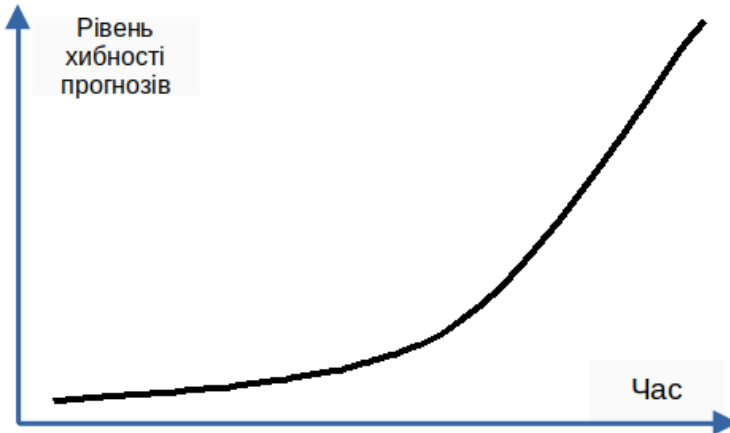


Рисунок 12.2 – Експоненціальне зниження достовірності прогнозів

Зазвичай кажуть, що хаос є вищою формою порядку, однак більш правильно вважати хаос іншою формою порядку – з неминучістю в будь-якій динамічній системі за порядком в звичайному його розумінні слідує хаос, а за хаосом порядок. Якщо ми визначимо хаос як безлад, то в такому безладді ми обов'язково зможемо побачити свою, особливу форму порядку. Наприклад, дим від сигарет спочатку піднімається у вигляді упорядкованого стовпа під впливом зовнішнього середовища приймає все більш вигадливі обриси, а його рухи стають хаотичними. Ще один приклад хаотичності в природі – лист з будь-якого дерева. Можна стверджувати, що ви знайдете багато схожого листя, наприклад дуба, однак жодної пари однакових листя. Різниця зумовлена температурою,

вітром, вологістю і багатьма іншими зовнішніми факторами, крім чисто внутрішніх причин (наприклад, генетичної різниці). На виробництві працює багато людей і здається, що всі вони однаково виглядають, але жоден з них не схожий на іншого на 100%, навіть однакові види робіт, виконуються по різному. Також, відношення до питань безпеки, у всіх працівників та керівників – різне.

Рух від *порядку до хаосу* і назад, по всій видимості, є *сутністю всесвіту*, які б прояву її ми не вивчали. Навіть в людському мозку одночасно присутній впорядкований та хаотичний початки. *Перше відповідає лівій півкулі мозку, а друге – правому*. Ліва півкуля відповідає свідомій діяльності людини, за вироблення лінійних правил і стратегій в поведінці людини, де чітко визначається «якщо ..., то ...». У правому ж півкулі панує не лінійність і хаотичність. *Інтуїція* є одним із проявів правого півкулі мозку.

Теорія Хаосу вивчає порядок хаотичної системи, яка виглядає випадковою та безладною. При цьому теорія Хаосу допомагає побудувати модель такої системи, не ставлячи завдання точного передбачення поведінки хаотичної системи в майбутньому.

Перші елементи теорії Хаосу з'явилися ще в XIX столітті, однак справжнє наукове розвиток ця теорія отримала в другій половині XX століття, разом з роботами Едварда Лоренца (Edward Lorenz) з Массачусетського технологічного інституту і франко-американського математика Бенуа Б. Мандельброта (Benoit B. Mandelbrot).

Едвард Лоренц свого часу (початок 60-х років XX століття, робота опублікована в 1963 році) розглядав чому виникають труднощі при прогнозуванні погоди.

До роботи Лоренца в світі науки панувало дві думки щодо можливості точного прогнозування погоди на нескінченно тривалий термін.

Перший підхід сформулював ще в 1776 році французький математик П'єр Симон Лаплас. Лаплас заявив, що «... якщо ми уявимо собі розум, який в дану мить збагнув всі зв'язки між об'єктами у Всесвіті, то він зможе встановити відповідне положення, руху і загальні впливи всіх цих об'єктів в будь-який час в минулому або в майбутньому». Цей його підхід був дуже схожий на відомі слова Архімеда: «Дайте мені точку опори, і я переверну весь світ». Таким чином, Лаплас і його прихильники говорили, що для точного прогнозування погоди необхідно тільки зібрати більше інформації про всі частинки у Всесвіті, їх місцезнаходження, швидкості, масі, напрямку руху, прискорення тощо. Лаплас думав, *чим більше людина буде знати, тим точніше буде його прогноз щодо майбутнього.*

Другий підхід до можливості прогнозування погоди раніше всіх найбільш чітко сформулював інший французький математик, Жюль Анрі Пуанкаре. У 1903 році він сказав: «Якби ми точно знали закони природи і положення Всесвіту в початковий момент, ми могли б точно передбачити положення того ж Всесвіту у наступний момент. Але навіть якби закони природи відкрили нам всі свої таємниці, ми і тоді могли б знати початкове положення тільки наближено. Якби це дозволило нам передбачити подальше становище з тим же наближенням, це було б все, що нам потрібно, і ми могли б сказати, що явище було передбачено, що воно керується законами. Але це не завжди так; може трапитися, що малі відмінності у початкових умовах викличуть дуже велику різницю в кінцевому явищі. Мала помилка в перших породить величезну помилку в останньому. Передбачення

стає неможливим, і ми маємо справу з явищем, яке розвивається з волі випадку».

У цих словах Пуанкаре є постулат теорії Хаосу про залежність від початкових умов. Подальший розвиток науки, особливо квантової механіки, спростував детермінізм Лапласа. У 1927 році німецький фізик Вернер Гейзенберг відкрив і сформулював принцип невизначеності. Цей принцип пояснює, чому деякі випадкові явища не підкоряються лапласовому детермінізму. Гейзенберг показав принцип невизначеності на прикладі радіоактивного розпаду ядра. Так, із-за дуже малих розмірів ядра неможливо знати всі процеси, що відбуваються всередині нього. Тому, скільки б інформації ми не збирали про ядро, точно передбачити, коли це ядро розпадеться неможливо.

12.2. Інструменти теорії Хаосу

Якими ж інструментами має теорія хаосу? В першу чергу це *атрактори* і *фрактали*.

Аттрактор (від англ. to attract – притягувати) – геометрична структура, яка характеризує поведінку в фазовому просторі після тривалого часу.

Тут виникає необхідність визначити *поняття фазового простору*. Отже, *фазовий простір* – це абстрактне простір, координатами якого є мірою свободи системи. Наприклад, у руху маятника дві ступені свободи. Це рух повністю визначено початковою швидкістю маятника і його положенням. Якщо рух маятника не надається опору, то фазовим простором буде замкнута крива. В реальності на Землі на рух маятника впливає сила тертя. В цьому випадку фазовим простором буде спіраль (рис.12.3).

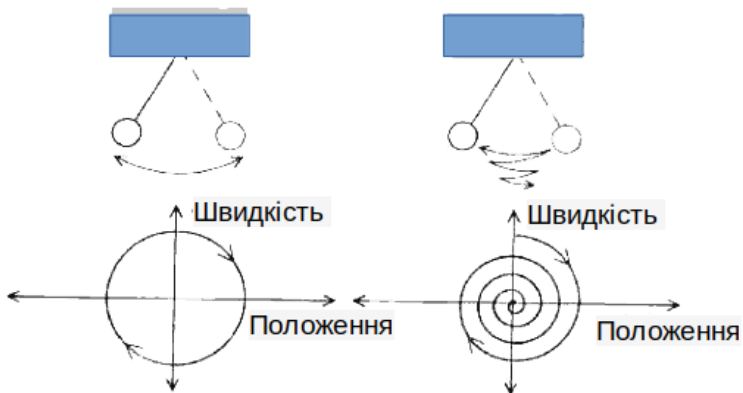


Рисунок 12.3 – Рух маятника як приклад фазового простору

Атрактор – це те, до чого прагне прийти система, до чого вона притягується. Найпростішим типом *аттрактора* є *точка*. Такий аттрактор характерний для маятника при наявності тертя. Незалежно від початкової швидкості і положення, такий маятник завжди прийде в стан спокою, тобто в точку.

Наступним типом *аттрактора* є *граничний цикл*, який має вигляд замкнутої кривої лінії. Прикладом такого *аттрактора* є маятник, на який не впливає сила тертя. Ще одним прикладом граничного циклу є биття серця. Частота биття може знижуватися і зростати, проте вона завжди прагне до свого *аттрактору*, своєї *замкнутої кривої*.

Третій тип *аттрактора* – *тор*. На рис. 12.4 тор показаний у верхньому правому куті.

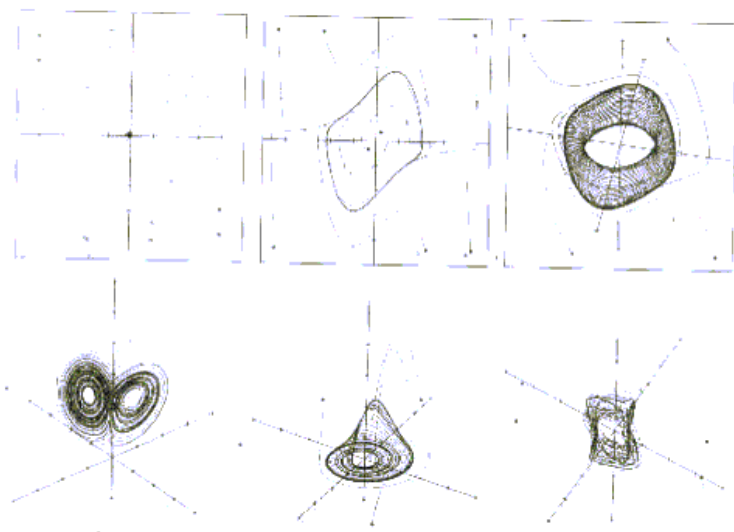


Рисунок 12.4 – Основні типи *аттракторів*.

На рис.12.4 вгорі показані три передбачуваних, простих *аттрактора*. Внизу три хаотичних *аттрактора*.

Незважаючи на складність поведінки хаотичних аттракторів, іноді званих *дивними* аттракторами, знання фазового простору дозволяє представити поведінку системи в геометричній формі і відповідно прогнозувати його. І хоча знаходження системи в конкретний момент часу в конкретній точці фазового простору практично неможливо, область знаходження об'єкта і його прагнення до аттрактору передбачувані.

Першим *хаотичним* аттрактором став аттрактор *Лоренца* (рис.12.5). На рис. 12.4 він показаний в лівому нижньому кутку.



Рисунок 12.5 – Хаотический аттрактор Лоренца

Аттрактор Лоренца розрахований на основі всього трьох ступенів свободи – три звичайних диференціальних рівнянь, три константи і три початкових умови. Однак, незважаючи на свою простоту, система Лоренца поводить себе псевдовипадковим (хаотичним) чином.

Змодельовавши свою систему на комп'ютері, Лоренц виявив причину її хаотичного поведінки – *різницю в початкових умовах*. Навіть мікроскопічне відхилення двох систем на самому початку в процесі еволюції призводило до експоненціального накопичення помилок і відповідно їх стохастичної розбіжності.

Разом з тим, будь який аттрактор має граничні розміри, тому експоненціальна розбіжність двох траєкторій різних систем не може тривати нескінченно. Рано чи пізно орбіти знову зійдуться і пройдуть поруч один з одним або навіть співпадуть, хоча останнє дуже малоймовірно. До речі, збіг траєкторій є правилом поведінки простих *передбачуваних* аттракторів.

Збіжність – розбіжність (кажуть також, складання і витягування відповідно) хаотичного аттрактора систематично усуває початкову інформацію і замінює її

нової. При сходженні траєкторії зближуються і починає проявлятися ефект короткозорості – зростає невизначеність великомасштабної інформації. При розбіжності траєкторій навпаки, вони розходяться і проявляється ефект далекозорості, коли зростає невизначеність дрібномасштабної інформації.

В результаті постійної *збіжності-розбіжності* хаотичного аттрактора невизначеність стрімко наростає, що з кожним моментом часу позбавляє нас можливості робити точні прогнози. Те, чим так пишається наука – здатністю встановлювати зв'язки між причинами і наслідками – у хаотичних системах неможливо. *Причинно-наслідкового зв'язку між минулим і майбутньому в хаосі немає.*

Тут же необхідно відзначити, що *швидкість сходження-розходження* є мірою Хаосу, тобто чисельним виразом того, наскільки система хаотична. Іншою статистичною мірою Хаосу служить розмірність *аттрактора*.

Таким чином, можна відзначити, що основною властивістю *хаотичних* аттракторів є *збіжності-розбіжності* траєкторій різних систем, які випадковим чином поступово і нескінченно перемішуються.

Тут проявляється перетин *фрактальної геометрії і теорії Хаосу*. І, хоча одним з інструментів теорії Хаосу є фрактальна геометрія, *фрактал* – це протилежність хаосу.

Головна відмінність між хаосом і фракталом полягає в тому, що перший є динамічним явищем, а фрактал статичним. Під динамічною властивістю хаосу розуміється непостійне і неперіодичне зміна траєкторій.

Фрактал – це геометрична фігура, певна частина якої повторюється знову і знову, звідси проявляється одна з властивостей *фракталу* – *само подібності* (рис.12.6).

Інша властивість *фракталу* – *дрібність*. Дрібність фракталу є математичним відображенням дії неправильності фракталу.

Фактично все, що здається випадковим і неправильним може бути фракталом, наприклад, хмари, дерева, вигини річок, биття серця, популяції і міграції тварин або язика полум'я.



Рисунок 12.6 – Фрактал «Килим Серпінського»

Фрактал «Килим Серпінського» виходить шляхом проведення ряду ітерацій (рис.12.7). Ітерація (від лат. *Iteratio* – повторення) – повторне застосування будь-якої математичної операції.

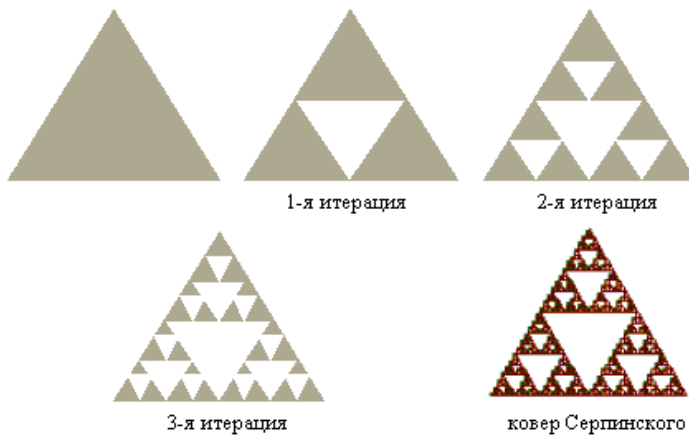


Рисунок 12.7 – Побудова «Килима Серпінського»

Хаотичний аттрактор є фракталом. Чому в дивному аттракторі, також як і у фракталі, у міру збільшення виявляється все більше деталей, тобто спрацьовує принцип само подібності. Як би ми не змінювали розмір аттрактора, він завжди залишиться пропорційно однаковим.

У технічному аналізі типовим прикладом фракталу є хвиля Еліота, де також працює принцип самоподібності.

Першим найбільш відомим і авторитетним вченим, що досліджували *фрактали*, був Бенуа Мандельброт. В середині 60-х років ХХ століття розробив фрактальну геометрію або, як він її ще назвав - геометрію природи. Про це Мандельброт написав свою відому працю "Фрактальна геометрія природи" (The Fractal Geometry of Nature). Багато хто називає Мандельброта батьком *фракталів*, тому що він першим почав використовувати їх стосовно аналізу нечітких, неправильних форм.

Додаткову ідею, закладено у фрактальності, яка полягає у нецілих вимірах. Ми зазвичай говоримо про одновимірному, двовимірному, тривимірному тощо, у цілому чисельному світі. Однак можуть існувати і нецілі вимірювання, наприклад, 2.72. Такі вимірювання Мандельброт називає *фрактальними* вимірами.

Логіка існування нецілих вимірювань дуже проста. Так, в природі навряд чи знайдеться ідеальна куля або куб, отже, 3-мірне вимір цієї реальної кулі або куба неможливо і для опису таких об'єктів повинні існувати інші виміри. Ось для вимірювання таких неправильних, *фрактальних* фігур і було введено поняття *фрактальний* вимір. *Наприклад, скомкають аркуш паперу в грудку. З точки зору класичної Евклідової геометрії новостворений об'єкт буде тривимірним кулею. Однак насправді це як і раніше всього лише двовимірний аркуш паперу, нехай і зім'ятий в*

подобу кулі. Звідси можна припустити, що новий об'єкт буде мати вимір більше 2-х, але менше 3-х. Це погано вкладається в геометрії Евкліда, але добре може бути описано за допомогою *фрактальної геометрії*, яка буде стверджувати, що новий об'єкт буде знаходитися у фрактальному вимірі, приблизно рівному 2.5 тобто мати *фрактальну розмірність* близько 2.5.

Розрізняють *детерміністські фрактали*, прикладом яких є «Килим Серпінського», і *складні фрактали*. При побудові перших не потрібні формули або рівняння. Досить взяти аркуш паперу і провести кілька *ітерацій* над який-небудь фігурою. *Складним* фракталам властива нескінченна складність, хоча і генеруються простою формулою.

Класичним прикладом *складного* фракталу є безліч Мандельброта, що отримується з простої формули

$$Z_{n+1} = Z_n^a + C, \quad (12.1)$$

де Z і C - комплексні числа і a - позитивне число. На рис. 12.8 ми бачимо *фрактал* 2-го ступеня, де $a = 2$.

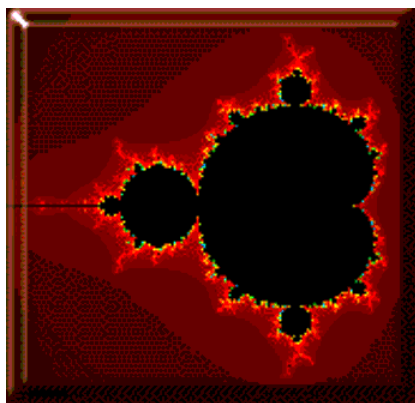


Рисунок 12.8 – Безліч Мандельброта

12.3. Теорія біфуркацій

До хаосу системи можуть переходити різними шляхами. Серед останніх виділяють біфуркації, які вивчає теорія біфуркацій.

Біфуркація (від лат. *Bifurcus* – роздвоєний) являє собою процес якісного переходу від стану рівноваги до хаосу через послідовне дуже малу зміну (наприклад, подвоєння Фейгенбаума при біфуркації подвоєння) періодичних точок.

Обов'язково необхідно відзначити, що відбувається якісна зміна властивостей системи, так званий катастрофічний стрибок. Момент стрибка (роздвоєння при біфуркації подвоєння) відбувається в точці біфуркації.

Хаос може виникнути через біфуркацію, що показав Мітчел Фейгенбаум (Feigenbaum). При створенні власної теорії про *фрактали* Фейгенбаум, в основному, аналізував логістичне рівняння

$$X_{n+1} = CX_n - C(X_n)^2, \quad (12.2)$$

де C – зовнішній параметр, звідки вивів, що при деяких обмеженнях у всіх подібних рівняннях відбувається перехід від рівноважного стану до хаосу.

Нижче розглянуто класичний біологічний приклад цього рівняння.

Наприклад, ізолювано живе популяція особин нормованої чисельністю X_n . Через рік з'являється потомство чисельністю X_{n+1} . Зростання популяції описується першим членом правої частини рівняння (CX_n), де коефіцієнт C визначає швидкість росту і є визначальним параметром. Спад тварин (за рахунок перенаселеності, нестачі їжі тощо) визначається другим, нелінійним членом ($C(X_n)^2$). Результатом розрахунків є такі висновки:

- при $C < 1$ популяція з ростом n вимирає;
- в області $1 < C < 3$ чисельність популяції наближається до постійного значення $X_0 = 1 - 1/C$, що є областю стаціонарних, фіксованих рішень. При значенні $C = 3$ точка біфуркації стає неприємною фіксованою точкою. З цього моменту функція вже ніколи не сходиться до однієї точки. До цього точка була фіксованою що притягає;
- в діапазоні $3 < C < 3.57$ починають з'являтися біфуркації і розгалуження кожної кривої на дві. Тут функція (чисельність популяції) коливається між двома значеннями, що лежать на цих гілках. Спочатку популяція різко зростає, на наступний рік виникає перенаселеність і через рік чисельність знову зменшується;
- при $C > 3.57$ відбувається перекривання областей різних рішень (вони як би зафарбовуються) і поведінка системи стає хаотичною. Звідси висновок – *заключним станом еволюціонуючих фізичних систем є стан динамічного хаосу*. Залежність чисельності популяції від параметра C наведено на рис.12.9..

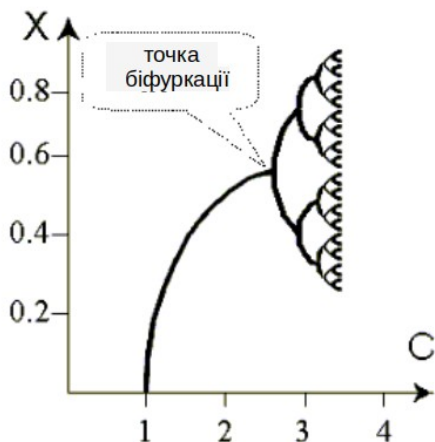


Рисунок 12.9 – Перехід до хаосу через біфуркації, початкова стадія рівняння $X_{n+1} = CX_n - C(X_n)^2$

Динамічні змінні X_n для значень, сильно залежать від початкових умов. При проведених на комп'ютері розрахунках навіть для дуже близьких початкових значень C , підсумкові значення можуть різко відрізнятися. Більш того, розрахунки стають некоректними, оскільки починають залежати від випадкових процесів в самому комп'ютері (скачки напруги тощо).

Таким чином, стан системи в момент біфуркації є вкрай нестійким і нескінченно малий вплив може привести до вибору подальшого шляху руху, а це, як ми вже знаємо, є головною ознакою хаотичної системи (істотна залежність від початкових умов).

Фейгенбаум встановив універсальні закономірності переходу до динамічного хаосу при подвоєнні періоду, які були експериментально підтверджені для широкого класу механічних, гідродинамічних, хімічних та інших систем. Результатом досліджень Фейгенбаума стало так зване «Дерево Фейгенбаума».

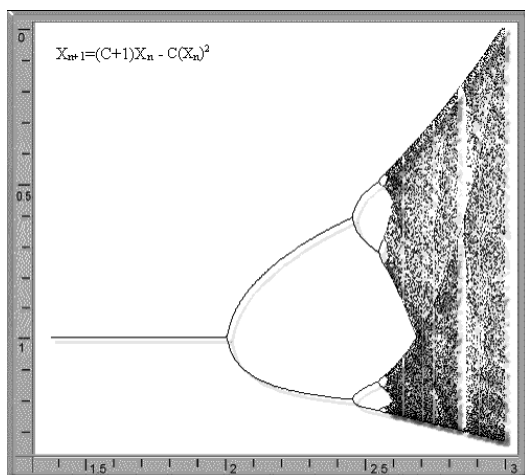


Рисунок 12.10 – «Дерево Фейгенбаума» (розрахунок на основі трохи зміненою логістичної формули)

Що ж таке *біфуркації* в буденності, по простому. Як ми знаємо з визначення, біфуркації виникають при переході системи від стану видимої стабільності і рівноваги до хаосу. Прикладами таких переходів є дим, вода і багато інших звичайнісіньких природних явищ. Так, те що піднімається вгору дим, спочатку виглядає, як упорядкований стовп. Однак через деякий час він починає зазнавати зміни, які спочатку здаються впорядкованими, однак потім стають хаотично непередбачуваними. Фактично перший перехід від стабільності до деякої форми видимої впорядкованості, але вже мінливості, відбувається в першій точці біфуркації. Далі кількість біфуркацій збільшується, досягаючи величезних величин. З кожної біфуркацією функція турбулентності диму наближається до хаосу. За допомогою *теорії біфуркацій* можна передбачити характер руху, що виникає при переході системи в якісно інший стан, а також область існування системи і оцінити її стійкість.

На жаль, саме існування теорії Хаосу важко сумісно з класичною наукою. Зазвичай наукові ідеї перевіряються на підставі прогнозів і їх звірки з реальними результатами. Однак, як ми вже знаємо, Хаос непередбачуваний, коли вивчаєш хаотичну систему, то можна прогнозувати тільки модель її поведінки. Тому за допомогою Хаосу не тільки не можна побудувати точний прогноз, але і, відповідно, перевірити його. Однак це не повинно говорити про невірність теорії Хаосу, підтвердженої як в математичних розрахунках, так і в житті.

На зараз ще не існує математично точного апарату застосування теорії хаосу для дослідження процесів безпеки праці, тому поспішати із застосуванням знань про Хаос не можна. Але, зважаючи на складність процесів

впливу на працівника умов праці, оточуючого середовища, внутрішнього психофізіологічного стану та стану здоров'я працівника, теорія Хаосу дозволяє робити прогнози на можливі точки біфуркації у людини під час виконання їм виробничих завдань, робити припущення щодо необхідності контролю та вивчення змін у стані людини з часом. Вже з'ясовані точки переходу (біфуркації) людини при травмуванні, аваріях тощо. Разом з тим, це дійсно найперспективніше сучасний напрям математики з точки зору прикладних досліджень.

12. 3. Контрольні запитання

Безпека на виробництві з точки зору теорії Хаосу.

Чим пояснюється непередбачуваність хаосу?

Основні властивості хаосу – експоненціальне накопичення помилки

Пояснити чому в будь-якій динамічній системі за порядком в звичайному його розумінні слідує хаос, а за хаосом порядок.

Якої півкулі мозку людини є одним із проявів таких властивостей як інтуїція та стратегія діяльності?

Які дії в охороні праці повинні бути коли передбачення неможливе?

Які інструменти має теорія Хаосу?

Перший хаотичний аттрактор.

Відмінність між хаосом і фракталом.

Теорія біфуркацій.

Яким чином відбувається перехід від хаосу до порядку при вирішенні питань безпеки на виробництві?

13. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ВИЗНАЧЕНІ КУЛЬТУРИ БЕЗПЕКИ

13.1. Поняття культури та культури безпеки

На початку 21 століття вчені всіх країн стали часто згадувати і посилалися на культуру, як один з головних показників в рішенні проблем людства. Безпека праці не є винятком і рішення багатьох питань щодо зниження травматизму і професійних захворювань, аварій і техногенних катастроф, які також мають зв'язок з культурою людини. У лекції розглядаються теоретичні та практичні аспекти нового напрямку культури безпеки. Відзначається зв'язок із загальною культурою людини та її вплив на безпеку роботи.

Поняття культура походить від латинського cultura – обробіток, пізніше з'явилося більш широке визначення, а саме – виховання, освіта, розвиток, шанування. Це поняття культури має велику кількість значень в різних областях людської життєдіяльності. Найчастіше культура є предметом вивчення в філософії, культурології, історії, мистецтвознавства, лінгвістики (етнолінгвістики), політології, етнології, психології, економіки, педагогіки і дуже рідко про культуру згадують в технічному аспекті діяльності людини.

Культуру визначають, перш за все, як людську діяльність в її найрізноманітніших проявах. Культура постає також проявом людської суб'єктивності і об'єктивності (характеру, компетентностей, навичок, умінь і знань). А звідси, культура являє собою сукупність стійких

форм людської діяльності. Культура наказує людині певну поведінку з властивими йому переживаннями і думками, надаючи на нього, тим самим, управлінський вплив. Джерелом походження культури є людська діяльність, пізнання і творчість.

Проф. Лешек Ф. Корженевський вказує на природні коріння культури. Він пише, що біогенні чинники походять від біоанатомічних властивостей окремого організму і називаються рефlekсами, спонуканнями, фізичними властивостями організму, біологічними потребами, успадкованими біогенними властивостями, фізіологічними властивостями окремого організму. Психогенні чинники включають почуття, емоції, афекти, ревності, ревності. Соціогенетическі чинники виходять з впливу суспільства і включають в себе цінності, норми, моделі поведінки. Ці особистісні фактори функціонують незалежно один від одного, але взаємно проникають, інтегруються, а процес відноситься до різних ситуацій і залежить від часу. Людська природа є загальним елементом всіх людей, від професора університету до австралійського аборигена; є основним, універсальним рівнем програмування розуму. Ми отримуємо це з генами. Людська природа визначає потенціал, здатність людини виражати свою особистість. Культура має багато значень. На латині, в якій майже всі значення мають свій родовід, культура означає культивування землі. На більшості західних мов «культура» є синонімом цивілізації або деякої інтелектуальної витонченості, яка характеризується утворенням, мистецтвом і літературою. У соціальній антропології «культура» є основним терміном для визначення способів мислення, почуття і реакції (так звана культура номер два). Культура в цьому сенсі стосується більш фундаментальних питань, питань, з якими ми повністю ідентифікуємо себе, і тому їх порушення може

заподіяти нам біль. Це соціальне явище, тому що воно завжди, в якійсь мірі, є загальним для людей, що живуть в даному соціальному середовищі. Це колективне програмування розуму, яке відрізняє членів однієї групи або категорії людей від іншої. Культура вчиться, ми не отримуємо її в занепаді. Її джерелом є соціальне середовище, а не гени. «Культура формує спосіб функціонування людини, визначає, як ми даємо»^[1].

Щодо культури безпеки праці, ближче всіх були римляни, які вживали слово «культура» з яким-небудь об'єктом в родовому відмінку, тобто тільки в словосполученнях, що означають вдосконалення, поліпшення того, з чим поєднувалося: «culture juries» – вироблення правил поведінки. Саме в охороні праці, культура безпеки є основою безпечної поведінки, яка визначається виробленням і виконанням певних правил і норм.

У 19-20-х століттях поняття культури безпеки, практично було забуто. Аналізуючи політехнічний словник під редакцією академіка І.І.Артоболевского, можна відзначити відсутність будь-яких натяків на культуру безпеки, однак система «Людина – машина», «Охорона праці» (тоді формулювалася як техніка безпеки) присутні в цьому виданні. Хотілося б звернути увагу на те, що більш за все поняття культури безпеки праці, пов'язане в цей період часу з правилами особистої гігієни працівників, а тому найбільше його використовували санітарні лікарі (гігієністи).

В кінці 20 століття з'явився новий науковий напрям – безпека життєдіяльності людини. Воно співпало з розвалом СРСР і тому дуже довго формувалося в різних країнах.

¹ Leszek Korzeniowski Menedżment podstawy zarządzani EAS Kraków 2005

В Україні цей напрямок не був сформований на рівні Академії наук і не набув свого розвитку як самостійна наукова дисципліна. Проте, з 1991 року до 2017 року, деякі навчальні заклади в Україні викладали дисципліну «Безпека життєдіяльності» для студентів як обов'язкову нормативну дисципліну. Останні роки наголошується на практично повному «знищенні» Міністерством освіти і науки України цієї дисципліни та цього наукового спрямування, у вигляді вилучення його та інших дисциплін (напрямок «безпека») з переліку обов'язкових (нормативних) для вивчення в університетах, а відповідно рішенням Вчених рад ВНЗ, за рекомендацією МОН України, виключили їх із навчальних планів спеціальностей та освітніх програм. Це природно негативно позначається на культурі безпеки. У цій ситуації слід зазначити, що культуру безпеки, як і культуру загалом, іноді необхідно нав'язувати суспільству та окремим індивідам, враховуючи стан суспільства та його особливості розвитку.

Найбільшу увагу культурі та культурі безпеки, як її важливою компоненті, приділяють педагоги і філософи. Свідченням тому є назви і зміст наукових статей, монографій і дисертацій, які було опубліковано за останні десятиліття, де обов'язково розглядаються питання культури безпеки в педагогіці. Так в монографії^[1] доктора педагогічних наук, професора Гвоздів С. П. є підрозділ у якому розглядаються питання «культури безпечної життєдіяльності як результат підготовки майбутніх фахівців соціономічних спеціальностей до безпеки життя та професійної діяльності».

¹Гвоздів С.П. Теоретичні і методичні засади підготовки майбутніх фахівців соціономічних спеціальностей до безпеки життя та професійної діяльності:

монографія/ С.П. Гвоздій. – Одеса: Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2016. – 420 с.

Автор монографії пропонує схему за якою, на її думку повинна відбуватись підготовка вище вказаних фахівців із урахуванням культури безпеки життя та професійної діяльності.

Зробивши аналіз цієї схеми та узагальнюючи це питання щодо культури безпеки загалом, пропонується наступна схема культури безпеки.

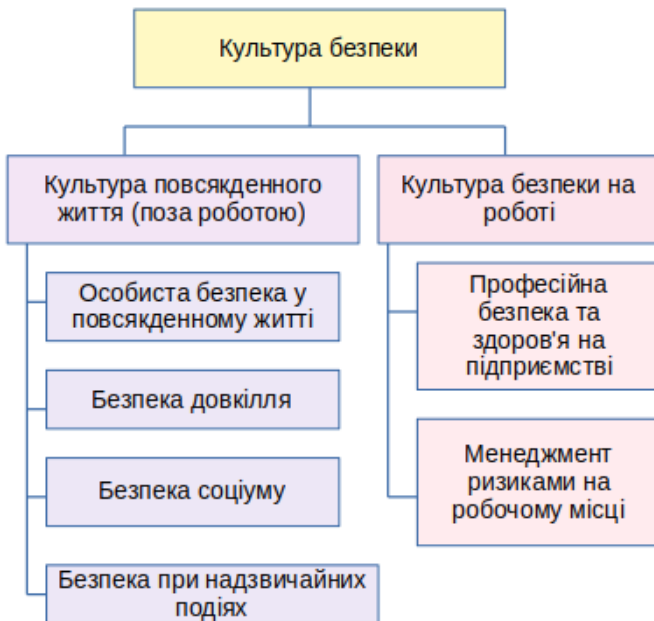


Рисунок 13.1 – Схема культури безпеки

У монографії професора Гвоздій С.П. мова йде про підготовку до самостійного життя і трудової активності. В

загальному випадку, розглядаємо культуру безпеки в її активній стадії, при цьому враховуємо те, що безпека в надзвичайних ситуаціях є важливим елементом, як в повсякденному житті, так і в процесі праці.

Академік Дабагян А.В. навів структуру формування цивілізації на початку третього тисячоліття та показав що людина у цей час буде формувати свою свідомість разом із культурою та вихованням в умовах розвитку науково-технічного прогресу^[1]. Людина розглядається, як складова система, яка вміщує чотири іпостасі:

1. Людина – об'єкт та суб'єкт біологічного розвитку;
2. Інтелект людини;
3. Людина – споживач благ;
4. Людина – виробник благ.

Вчений підкреслює, що людина формує розум, а культура формує інтегральний інтелект людства (ІІЛ) та образ життя людства. Цивілізація, яку створює людство не може розвиватися без енергетичних перетворень, а це призводить до зростання безпорядку.

Людство не врятують ні природні багатства, ні розумні машини, ні геніальні політики. Його врятує лише гуманна особистість, відтворена в мільйонах землян. Це єдиний і ймовірно найбільш діючий шлях порятунку життя на Землі. А як же може з'явитися така гуманна особистість? Де той найбільш реальний і доцільний шлях її становлення? На думку академіка Дабагян А.В., сьогодні цей шлях бере свій початок у вищій технічній школі, в інженерному утворенні.

¹Дабагян А.В. Монографія «Человек, его сознание и культура в паутине электронно-цифровых сетей» - Х.: Торсинг, 2003.-336 с.

М.Р. Беррел приводить такі слова Арнольда Пейсі, які він висловив у своїй книзі «Культура технології»: «...наука відкриває, а геній винаходить нові речі, промисловість використовує ці винаходи, людина адаптується до них або випробує їхній вплив... Кожен індивідуум, групи і весь рід людський змушені не відставати від... науки і промисловості».

Усі технології і нові речі на підставі наукових відкриттів винаходить, підносить промисловості і людині інженер. Саме інженери – мозки і руки науки несуть головну відповідальність за найбільш гострі екологічні та техногенні проблеми, за критичну ситуацію, що виникла у людства. Інженерний корпус – найбільш діяльна і компетентна частина людського суспільства, що професійно розбирається у всіх хвилюючих нас сьогодні проблемах. Як правило, тільки йому слід винаходити нові технології, усі ті, які можуть врятувати світ. Треба тільки зробити це його професійним обов'язком. І треба зробити всюди.

Якщо дозволено розраховувати на полегкість і взяти на себе сміливість викласти основну ідею глобального рішення цієї проблеми, то вона могла б бути представлена у виді такої нової концепції, якщо хочете – парадигми вищого технічного утворення:

– збереження й облаштованість життя на Землі в ім'я Людини і його щастя – головний зміст діяльності інженера і вищої технічної школи; розробка й освоєння замкнутих циклів виробництв на основі ресурсо-енергозбереження, найвищих загальних і інформаційних технологій, екологічної культури, ефективного функціонування екосистеми «Людина – Земля» і культури безпеки що обумовлює безумовну надійність функціонування машин, будь-яких конструкцій і пристроїв, обслуговування і

контролю їхньої роботи «по стану», а також керування виробництвом на базі інтелектуальної духовності.

Становлення інженера ХХІ століття, інженера-гуманіста можливо лише в тому випадку, якщо в основі, метою його навчання у вузі, завжди буде знаходитися людина.

Тобто, повинен бути людино-центризм! Благополуччя людини впершу чергу вимагає повної переорієнтації того, що у вузі називається виховним процесом, досягнення такого положення, коли цей виховний процес складає нерозривне ціле з процесом навчання. І тому, з огляду на сформульовану вище нову концепцію, парадигму навчання інженера, можна спробувати сформулювати і нову концепцію, парадигму виховання, парадигму виховання інженера-гуманіста:

– *благоговіння перед життям, людиною, його духовністю, красою, моральністю, непорушними людськими цінностями*, що тільки і складають зміст людського життя, що тільки і дозволять зберегти життя на Землі;

– *покликання інженера* складається не в досягненні короткострокових цілей – нагромадженні матеріального багатства, а в *нагромадженні багатства духовного*, тому що *цивілізація, яка зациклена на матеріальному процвітанні, майбутнього не має*.

Класична наука розглядає лише невеликий зріз природи, а «найбільш складне і тонке, – як сказав Ейнштейн, – легкодухе залишає осторонь». А це «складне і тонке» чим далі, тим більше владно заявляє про себе.

Життєво необхідної складової технічного утворення повинне стати ще й уміння майбутнього фахівця направляти свої знання і результати матеріального виробництва на духовне удосконалення своєї особистості, інших людей і всього суспільства. Відзначимо також, що поняття прогресу і культури нерозривні, вони часто

ідентичні, впливають одне з іншого. Виявляється також, що сьогодні зовсім недостатньо виходити з чистої раціональності, наукової строгості і широти технічних знань, їх необхідно піддавати аналізу на духовний зміст, людську спрямованість. І якщо вся ця матеріальність, вироблена раціональним, чисто інженерним знанням не буде мати необхідного сьогодні духовного змісту і духовну спрямованість, то, в остаточному підсумку, прогресивність такого інженерного утворення сумнівно. Сумнів виникає не тільки тому, що не обтяжена людськими переживаннями інженерна діяльність сьогодні це є екологічні ускладнення, і нові соціальні безладдя, але і тому, що сам інженер, і люди, для яких він діє, багато в чому позбавляються звичайної людської задоволеності своїм буттям, не можуть випробувати так необхідних людині повноти і свідомості життя, щастя. І сьогодні навряд чи найдуться ті, хто посміє би стверджувати, що Чорнобильська катастрофа – це наслідок одних лише неправильних технічних рішень і інженерних недоглядів і начисто відметуть нашу загальну «безалаберність», недостатньо високий рівень загальної культури і моральності. З твердою необхідністю життя порушує такі питання: *а чи не є постійно проповідуєме нами в студентській аудиторії установка на досягнення ще більше зроблених конструкторських рішень, ще більше прогресивних технологій при мовчазному забутті духовності, її другоплановості в нашому утворенні, причиною тих лих, що ми сьогодні переживаємо?* І, швидше за все, важко розраховувати на те, що сьогодні хтось посміє узяти на себе сміливість стверджувати зворотне.

13.2. Системи керування безпекою людини

Система керування безпекою людини ґрунтується на 3 рівнях, які повинні активно взаємодіяти між собою:

1. Державний;
2. Соціальний;
3. Індивідуальний.

Якщо ці рівні представити схематично, то буде схема (рис. 13.2), в якій в центрі знаходиться індивідуальна безпека, що визначається природними властивостями організму людини. Говорячи по-простому «... коли у мене щось болить, то весь інший світ мене не цікавить». Далі розташовується соціум, який в даний час має сильний вплив на кожного індивідуума. Соціум це робота і колеги по роботі, дозвілля в колі друзів, відпочинок, соціальні мережі та інші. Соціум ближче до індивідуума, тому що індивідуум як клітина організму не може існувати окремо від соціуму. Соціум формує державу. На зовнішній стороні знаходиться держава, яке від індивідуума далеко, але своїми законами і правилами, надає на нього і соціум вплив. Це вплив викликає (або не викликає) певні сплески емоцій і є мотивацією вчинків різної форми.

На індивідуальному рівні вирішення питань безпеки багато в чому визначається загальною культурою та культурою безпеки людини. Ця культура безпеки має різні форми вияву, які будуть визначатися станом здоров'я та психіки, суспільством та місцезнаходженням, гострою ситуацією та іншим.



Рисунок 13.2 – Система керування безпекою людини

Якщо говорити про менеджмент (керування) культурою індивідуальної безпеки, то це дуже складна проблема. Перш за все, складність визначає той факт, що людині самій необхідно, перш за все, самому забезпечити свою безпеку. Якщо середовище, в якій він живе і працює, сприятливе для розвитку необхідних якостей культури, то це добре допомагає йому в реалізації його планів і вчинків. А якщо середовище несприятливе, а навіть агресивне, то в цьому випадку йому доведеться боротися за свою культуру і захист особистих інтересів. Іноді соціум втрачає контакт з окремими групами населення і індивідуумами, в наслідок чого можуть бути серйозні негативні наслідки. У багатьох країнах цьому питанню надають великого значення. Наприклад, Японія, де на державному рівні розроблено

закони, які підтримують кожну людини у вирішенні питань культури безпеки:

- безпека всюди і завжди;
- культура поведінки і терпимість одного до іншого в суспільстві; забезпечення безпеки масових заходів;
- безперервність навчання та підвищення кваліфікації кожної людини в галузі попередження аварій і катастроф
- тощо.

І головне це реалізація цих законів на практиці, тому що якщо закони не мають необхідного механізму їх реалізації, то ці закони лише дискредитують державу і її керівників.

13.3. Визначення впливу ризику недостатньої (низької) культури на безпеку праці

Проф. Ладіслав Хофрейтор в своїй монографії, наводить визначення факторів безпеки: політичні, економічні, соціальні, екологічні, інформаційні, технологічні, охоронні, військові^[1]. Також він наводить формулу для визначення величини безпеки, яка подібна до розробленої нами формулою визначення ризик-індикатора. Однією з найскладніших завдань є визначення інтегрованого показника безпеки K_i , як функції від рівня культури (ІПЗК) і-ї людини і її складової частини культури безпеки (КБ). Показник ІПЗК буде визначатися за наступним виразом:

$$K_i = f(\sum(\text{ІПЗК} + \text{КБ})); \quad (13.1)$$

^{1]}Ladislav Hofreiter Bezpecnot, bezpecnostne rizika a ohrozenia, 2004 Vydala Zilinska univerzita v Ziline]. Також він наводить формулу для визначення величини безпеки [TYRAŁA, P. : Zarządzanie kryzysowe. Ryzyko-bezpieczenstwo-obronnosć.Toruń, 2002 s. 14

$$\text{ИПОК} = f(\sum \text{ИБ} + \sum \text{ЕБ} + \sum \text{СБ} + \sum \text{БНС}^1); \quad (13.2)$$

$$\text{КБ} = f(\sum \text{БНС}^2 + \sum \text{OSH} + \sum \text{MR}). \quad (13.3)$$

У загальному вигляді:

$$\text{K}_i = f(\sum \text{ИБ} + \sum \text{ЕБ} + \sum \text{СБ} + \sum \text{БНС}^1 + \sum \text{БНС}^2 + \sum \text{OSH} + \sum \text{MR}); \quad (13.4)$$

Або:

$$\text{K}_i = f(\sum \text{ИБ} + \sum \text{ЕБ} + \sum \text{СБ} + \sum \text{БНС} + \sum \text{OSH} + \sum \text{MR}); \quad (13.5)$$

$$\text{якщо позначити } \sum \text{БНС} = \sum \text{БНС}^1 + \sum \text{БНС}^2 \quad (13.6)$$

Інтегровані показники безпеки у формулах (13.2 – 13.6) означають:

$\Sigma \text{ИБ}$ – культура особистої безпеки індивідуума, який показує, як він турбується про особисту безпеку, про стан свого здоров'я, відповідально ставиться до профілактики захворювань та інші;

$\Sigma \text{ЕБ}$ – культура безпеки екологічна - показник рівня освіти і відповідальності, за процеси і вчинки в яких індивідуум формує, і демонструє своє ставлення до природного довкілля, тваринам і біонт;

$\Sigma \text{СБ}$ – культура безпеки в соціумі, характеризує участь людини в суспільному житті, соціальна активність, його позицію по відношенню до суспільства, оточуючих людей, державі;

$\Sigma \text{БНС}^1$ – культура безпеки в надзвичайних ситуаціях, як інтегрований показник знань і навичок, дій і

вчинків в надзвичайних ситуаціях, які несподівано виникають в повсякденному житті;

Σ БНС2 – культура безпеки в надзвичайних ситуаціях, як інтегрований показник знань і навичок, дій і вчинків в надзвичайних ситуаціях, які несподівано виникають на виробництві, на робочому місці, в техногенному середовищі;

Σ OSH – культура професійної безпеки, яка формується на базі загальних знань і спеціальних професійних компетенцій, навичок роботи і майстерності фахівця, відповідальності за доручену справу та ініціативи, творчості і натхнення;

Σ MR – культура безпеки роботи в умінні управляти ризиками на робочому місці, знижувати їх показники до мінімальних, бути активним у вирішенні цих питань та участі в менеджменті ризиками на робочому місці, підрозділі і на підприємстві.

В загальній формулі (13.4 – 13.5) не використовуються показники часу T і ймовірності P , виходячи з того, що культура накопичується з роками. Індивідуум може змінити цей показник, поліпшивши його або навпаки - погіршити. Не дарма в народі кажуть, що «був нормальний чоловік і, раптом, як з котушок злетів». Рівень ймовірності прояви культури безпеки, також не може бути використаний, тому, що культурна людина не повинна демонструвати свою культуру, для того щоб усі на це звертали увагу. Людина повинна бути готова до реалізації (прояву) своєї культури безпеки в певних ситуаціях у вигляді правильних (відповідних до ситуації) вчинків і дій.

13.4. Критерії оцінки рівня культури безпеки

Як оцінювати рівень культури безпеки? Пропонуємо використовувати для цього тестові опитування за допомогою спеціальних програм. Такі тестові опитування працівників повинні виконуватися з певною періодичністю із залученням фахівців OSH і психологів. При цих опитуваннях повинні оцінювати не тільки наявні знання і досвід, а й готовність до дій за певним сценарієм, який дозволить визначити рівень культури безпеки. Найскладнішим при розрахунках культури безпеки буде визначення критеріїв, тобто показників які будуть відповідати загальноприйнятим вимогам. Тому на кожному підприємстві повинні бути сформульовані фахівцями з безпеки критерії культури праці, а з часом, на основі критеріїв підприємств, можна вивести загальні рекомендації для всіх.

Зараз відбувається змішання в Європі і Америці різних культур і народів. При цьому мало хто звертає увагу на той факт, що загальний рівень культури від цього змішання не підвищується, а знижується. Діють закони природи, які в екологічній системі спрощують умови існування. Тому повинні включатися коригуючі механізми, які повинні допомогти державній системі поліпшити ситуацію (закони, норми, правила). Це дуже складний і болісний процес. Неможливо змінити рівень культури і культури безпеки людини (працівнику), який цього не хоче робити або приховує своє не бажання виконувати вимоги керівника. Або керівнику, який не має достатнього рівня культури і культури безпеки, тому що він за характером своїм або за переконаннями не хоче виконувати загальноприйняті вимоги, вони йому здаються зайвими і заважають його роботі тощо.

Вибір критеріїв оцінки рівня культури і культури безпеки роботи.

Вчені провели дослідження населення з метою дослідження культури особистості (2013 рік). Дослідження включало в себе розробку критеріїв оцінки культури особистості. За їх твердженням, для визначення рівня культури особистості необхідно звернення до таких критеріїв:

Комунікативний. Основною характеристикою якого є здатність організовувати міжкультурне і міжособистісне спілкування, і при цьому брати, і розуміти різноманітність цінностей інтересів, і потреб інших людей і технічних культур і результативно вирішувати зовнішні і внутрішні конфлікти.

Інформаційно – когнітивний. Передбачає оволодіння і передачу придбаних систематизованих соціальних і культурних знань, які характеризують дії сучасної людини, а також сприяють координації його системи цінностей.

Аксіологічний компонент взаємопов'язаний з світоглядом, цінностями, моральністю, соціальними стандартами поведінки людини в суспільстві. Важливою компонентою культури особистості є художня культура.

Художня культура особистості, що розуміється як індивідуальний художній досвід, що обумовлює виникнення високих художніх потреб в мистецтві і формується переважно під його безпосереднім впливом, правомірно вважається одним з провідних засобів розвитку «людського в людині»

Володіння мовою другої дійсності – художньої – характеризує ступінь сформованості художнього потенціалу особистості засвоєння, привласнення і розвиток гуманітарної культури відбувається в процесі активної

діяльності і нерозривно пов'язане з процесами осмислення, усвідомлення, і формування власного особистісного ціннісного ставлення до гуманітарного знання і культури, власної діяльності, тобто з процесом рефлексії.

Рефлексія – роздум, самовладання, самопізнання. Форма теоретичної діяльності людини, спрямована на осмислення його власних дій і способів їх виконання. У соціальній психології рефлексія трактується як усвідомлення і індивідуумом того, як він сприймається партнером по спілкуванню. У сучасній педагогічній науці під рефлексією зазвичай розуміють самоаналіз діяльності та її результатів.

Практична або емпірична частина роботи заснована на інтерактивному анкетуванні, яке включало в себе опитування жителів області за методикою квотної вибірки, де квотами виступали: районний центр, місто, сільське поселення. *Наприклад*, генеральна сукупність склала 1541296 жителів області. З них чисельність міського населення – 1 020378 (2/3 від загальної чисельності населення області), сільського населення – 520 918 (1/3 від загальної чисельності населення області). Для забезпечення репрезентативності, частка вибіркою респондентів визначалася для міського населення за 1 анкети на 1000 осіб, для сільського – до 20 анкет на кожне поселення - і, в цілому, склала 2018 респондентів.

Результати дослідження оброблені за допомогою інформаційної системи анкетування. Результати дослідження репрезентативні (похибка вибірки становить 2,3 – 2,8%). Для перекладу якісних показників в кількісні була розроблена система оцінок:

Таблиця оцінок

Респонденти (люди)	Коефіцієнти			Рівень розвитку культури особистості
	знання	вміння	якості	
	к	а	х	р
	к	а	х	р
	к	а	х	р

к - комунікативний (0 - 20)

а - аксіологічний (0 - 20)

х - художня культура (0 - 20)

р - рефлексивно-діяльнісний (0 - 20)

Розрахунок проводили за формулами

$$\text{знання}=\text{вміння}=\text{якості}=(\text{к}+\text{а}+\text{х}+\text{р})/4$$

$$\text{к}=\text{а}=\text{х}=\text{р}=(20\cdot\text{а}+15\cdot\text{б}+7\cdot\text{в}+0\cdot\text{г})/2018$$

Рівень розвитку культури особистості = знання+вміння+якості

Високий рівень = 51-60 (60 приймається за максимальну кількість)

Середній рівень = 30-50

Низький рівень = 0-29

Культура безпеки праці це практично відбір персоналу із застосуванням технології асесмента, яка зародилася у США і яка показала не ефективність відбору персоналу на основі IQ і інтерв'ювання. Тоді необхідність впровадження нової технології визначалася невідповідністю рівня підготовки персоналу (службовців армії) і вартістю машин (військової техніки), яка була дуже висока, і компанії не хотіли їх втрачати через низьку кваліфікацію обслуговуючого персоналу через низьку культуру. Тоді був зроблений висновок про необхідність проведення трьох рівнів опитування персоналу: *групові вправи, тести інтелекту і структуроване інтерв'ю*, що проводиться спеціальною групою навчених фахівців, в яку включався психолог. Зараз така ж ситуація склалася у виробничій сфері, коли дуже дороге устаткування і інструменти, необхідно довіряти людям, які прийшли з вулиці, яких ніхто не знає, без належного досвіду роботи.

Висновок. Необхідно більш глибоко дослідити напрямок – культура безпеки роботи, для чого

використовувати накопичений досвід фахівців в тому числі за технологією асесменту.

13.5. Контрольні запитання

Зв'язок із загальною культурою людини та її вплив на безпеку роботи.

Поняття культура.

Природні коріння культури.

Хто першими втілили вироблення правил поведінки?

Загальна схема культури безпеки.

Механізм формування інтегрального інтелекту людства (ІЛ).

Чому саме інженери – мозки і руки науки несуть головну відповідальність за найбільш гострі екологічні та техногенні проблеми?

Концепція – парадигма виховання інженера-гуманіста

Система управління безпекою людини.

Приклад Японії у вирішенні питань культури безпеки.

Визначення інтегрованого показника безпеки.

Як оцінювати рівень культури безпеки?

Критерії визначення рівня культури особистості.

Відбір персоналу із застосуванням технології асесменту.

Додаток 1. Посадові інструкції фахівців з охорони праці на підприємствах (зразок)

1. Посадова інструкція технічного директора (назва підприємства)

Прізвище ім'я та по батькові _____

1. Загальні положення

1.1. Технічний директор є першим заступником директора у здійсненні виробничої діяльності і забезпечує виконання статутних завдань.

1.2. Призначається на посаду та звільняється з посади наказом директора.

1.3. Визначає науково–технічну політику фірми забезпечує належний рівень технічної підготовки виробництва високу якість послуг що надаються та удосконалення системи підготовки і підвищення кваліфікації персоналу виконує обов'язки служби охорони праці.

1.4. Технічний директор підпорядковується безпосередньо директору.

1.5. У своїй діяльності керується законами та іншими нормативно–правовими актами наказами та розпорядженнями директора.

2. Завдання та обов'язки Технічного директора:

2.1. Вирішує питання пов'язані з енергетичним та технічним обслуговуванням фірми.

2.2. Забезпечує постійне підвищення ефективності виробництва скорочення матеріальних фінансових і трудових витрат на виробництво продукції робіт послуг високу їх якість.

2.3. Організовує розробку і виконання планів розвитку фірми її реконструкції та модернізації планів

впровадження нової техніки і технології у тому числі з питань досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці планів програм поліпшення умов праці запобігання виробничому травматизму професійним захворюванням планово-попереджувальних ремонтів обладнання та будівель і споруд.

2.4. Здійснює контроль за: дотриманням проектної конструкторської і технологічної дисципліни; виконанням заходів передбачених програмами планами щодо поліпшення стану безпеки гігієни праці та виробничого середовища та заходами спрямованими на усунення причин нещасних випадків та професійних захворювань; наявністю в підрозділах інструкцій з охорони праці згідно з переліком професій посад і видів робіт своєчасним внесенням в них змін; своєчасним проведенням необхідних випробувань і технічних оглядів устаткування; станом запобіжних і захисних пристроїв вентиляційних систем; своєчасним проведенням навчання з питань охорони праці всіх видів інструктажу з охорони праці; забезпеченням працівників відповідно до законодавства спецодягом спецвзуттям та іншими засобами індивідуального та колективного захисту мийними та знешкоджувальними засобами; санітарно-гігієнічними і санітарно-побутовими умовами працівників згідно з нормативно-правовими актами; своєчасним і правильним наданням працівникам пільг і компенсацій за важкі та шкідливі умови праці забезпеченням їх молоком або рівноцінними йому харчовими продуктами наданням оплачуваних перерв санітарно-оздоровчого призначення тощо відповідно до вимог законодавства; дотриманням у належному безпечному стані території підприємства внутрішніх доріг та пішохідних доріжок; організацією робочих місць відповідно до нормативно-правових актів з

охорони праці; використанням цільових коштів виділених для виконання комплексних заходів для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці; застосуванням праці жінок інвалідів і осіб молодших 18 років відповідно до законодавства; виконанням приписів посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці та поданням страхового експерта з охорони праці; проведенням попередніх під час прийняття на роботу і періодичних протягом трудової діяльності медичних оглядів працівників зайнятих на важких роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких де є потреба у професійному доборі щорічних обов'язкових медичних оглядів осіб віком до 21 року.

2.5. Забезпечує:

- * контроль відповідності стандартам технічним умовам та нормативним актам про охорону праці устаткування пристроїв та технологічних процесів що застосовуються на підприємстві;
- * впровадження на підприємстві стандартів безпеки праці;
- * плану роботи щодо відбору аналізів повітряного середовища вимірювання рівня виробничих шумів вібрації електричних і магнітних полів;
- * додержання вимог безпеки праці в технічній документації що розробляється на підприємстві або сторонніми організаціями;
- * своєчасне і якісне навчання працівників безпечному веденню робіт;
- * своєчасне виконання перспективних та річних планів заходів щодо охорони праці;
- * безпечну експлуатацію будівель і споруд;
- * опрацювання та організацію функціонування ефективної системи управління охороною праці сприяння

удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного працівника;

- * фахову підтримку рішень роботодавця з цих питань;

- * контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці положень та актів з охорони праці що діють в межах підприємства;

- * інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці;

- * розроблення за участю працівників фірми комплексних заходів для підготовки проектів наказів з питань охорони праці і внесення їх на розгляд роботодавцю;

- * складання за участю керівників підрозділів фірми переліків професій посад і видів робіт на які повинні бути розроблені інструкції з охорони праці що діють в межах підприємства надання методичної допомоги під час їх розроблення;

- * належне оформлення і зберігання документації з питань охорони праці а також своєчасну передачу її до архіву для тривалого зберігання згідно з установленим порядком;

- * інформування працівників про основні вимоги законів інших нормативно-правових актів та актів з охорони праці що діють в межах підприємства;

- * розгляд питань про підтвердження наявності небезпечної виробничої ситуації що стала причиною відмови працівника від виконання дорученої роботи відповідно до законодавства у разі необхідності .

2.6. Проводить перевірки дотримання працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці.

2.7. Складає звітність з охорони праці за встановленими формами.

2.8. Проводить з працівниками вступний інструктаж з охорони праці.

2.9. Веде облік та проводить аналіз причин виробничого травматизму професійних захворювань аварій заподіяної ними шкоди.

2.10. Розглядає листи заяви скарги працівників підприємства що стосуються питань додержання законодавства про охорону праці.

2.11. Організує забезпечення підрозділів нормативно-правовими актами та актами з охорони праці що діють в межах фірми посібниками навчальними матеріалами з цих питань;

2.12. Бере участь у:

- * розслідуванні нещасних випадків професійних захворювань та аварій на виробництві відповідно до Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків професійних захворювань і аварій на виробництві;

- * складанні санітарно-гігієнічної характеристики робочих місць працівників які проходять обстеження щодо наявності профзахворювань;

- * проведенні внутрішнього аудиту охорони праці та атестації робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці;

- * роботі комісій з приймання в експлуатацію закінчених будівництвом реконструкцією або технічним переозброєнням об'єктів виробничого та соціально-культурного призначення відремонтованого або модернізованого устаткування в частині дотримання вимог охорони праці;

- * розробленні положень інструкцій актів з охорони праці що діють у межах підприємства;

- * складанні переліків професій і посад згідно з якими працівники повинні проходити обов'язкові попередні і періодичні медичні огляди;

- * роботі комісії з перевірки знань з питань охорони праці.

3. Права

Технічний директор має право:

3.1. Представляти фірму на всіх гілках виконавчої влади та у взаємовідносинах з іншими підприємствами.

3.2. Укладати договори із іншими підприємствами з метою виконання покладених на нього завдань та обов'язків.

3.3. Видавати розпорядження по підприємству.

3.4. Подавати директору пропозиції щодо покращення ефективності роботи підприємства .

4. Відповідальність.

Технічний директор відповідає за:

4.1. Впровадження нової техніки технологій які не відповідають вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

4.2. Своєчасність проведення планово-попереджувальних ремонтів технологічного обладнання будівель і споруд.

4.3. Відсутність вимог безпеки праці в технічній документації що розробляється на підприємстві.

4.4. Виконання заходів з охорони праці.

4.5. Проведення моніторингу дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

5. Повинен знати

5.1. Чинне законодавство яке регулює господарську діяльність та господарські відносини.

5.2. Трудове законодавство про охорону праці та основні положення охорони праці та вимоги безпеки до експлуатації технологічного обладнання.

5.3. Норми ділової поведінки та етики професійних відносин.

5.4. Вітчизняний та світовий досвід проблематику оптово - роздрібною торгівлі та досвід аналогічних фірм.

5.5. Технологію виробництва продукції що виробляється методи господарювання і управління підприємством.

5.6. Порядок укладання і виконання господарських договорів.

6. Кваліфікаційні вимоги Повна вища технічна освіта післядипломна освіта в галузі управління виробництвом. Стаж роботи за професією керівника аналогічного рівня не менше 1 року та нижчого рівня не менше 5 років.

7. Взаємовідносини за посадою

7.1. Заміщає директора в разі його відсутності.

7.2. Одержує необхідну інформацію від директора.

7.3. Доповідає директору про результати своєї діяльності.

2. Посадова інструкція інженера з охорони праці

Посадова інструкція інженера з охорони праці
прізвище ім'я та по батькові _____

I. Загальні положення

1. Інженер з охорони праці відноситься до категорії фахівців.

2. На посаду:

- *Інженера з охорони праці* призначається особа, що має вищу професійну (технічну) освіту без пред'явлення вимог до стажу роботи або середня професійна (технічна) освіта і стаж роботи на посаді техника I категорії не менше 3 років або інших посадах, що займаються фахівцями з середньою професійним (технічним) освітою, не менше 5 років;

- *Інженера з охорони праці та безпеки II категорії* - особа, що має вищу професійну (технічну) освіту і стаж роботи на посаді інженера з охорони праці або інших інженерно-технічних посадах, що займаються фахівцями з вищою професійною освітою, не менше 3 років;

- *Інженера з охорони праці та безпеки I категорії* - особа, що має вищу професійну (технічну) освіту і стаж роботи

на посаді інженера з охорони праці II категорії не менше 3 років.

3. Призначення на посаду інженера з охорони праці та звільнення з неї здійснюється наказом директора підприємства за поданням начальника відділу охорони праці.

4. Інженер з охорони праці повинен знати :

4.1. Законодавчі і нормативні правові акти, методичні матеріали з питань охорони праці.

4.2 . Основні технологічні процеси виробництва продукції підприємства.

4.3 . Методи вивчення умов праці на робочих місцях.

4.4 . Організацію роботи з охорони праці.

4.5 . Систему стандартів безпеки праці .

4.6. Психофізіологічні вимоги до працівників виходячи з категорії важкості робіт, обмеження застосування праці жінок, підлітків та інших працівників, переведених на легку працю.

4.7. Особливості експлуатації устаткування , яке застосовується на підприємстві .

4.8. Правила і засоби контролю відповідності технічного стану устаткування вимогам безпечного ведення робіт.

4.9. Передовий вітчизняний і закордонний досвід з охорони праці.

4.10. Методи і форми пропаганди та інформації з охорони праці.

4.11. Порядок і терміни складання звітності про виконання заходів з охорони праці.

4.12. Основи економіки, організації праці та управління.

4.13. Основи трудового законодавства.

4.14. Правила внутрішнього трудового розпорядку .

5. Інженер з охорони праці підпорядковується безпосередньо начальнику відділу охорони праці .

6. На час відсутності інженера з охорони праці (хвороба, відпустка, відрядження тощо) його обов'язки виконує особа, призначена наказом директора підприємства. Дана особа набуває відповідних прав і несе відповідальність за якісне та своєчасне виконання покладених на нього обов'язків.

II. Посадові обов'язки інженера з охорони праці та безпеки

Інженер з охорони праці:

1. Здійснює контроль над дотриманням на підприємстві і в його підрозділах законодавчих та інших нормативних правових актів з охорони праці , за наданням працівникам встановлених пільг і компенсацій за умовами праці .

2. Вивчає умови праці на робочих місцях, готує і вносить пропозиції про розробку і впровадження більш досконалих конструкцій огорожувальної техніки, запобіжних і блокувальних пристроїв, інших засобів захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

3. Бере участь :

3.1. У проведенні перевірок , обстежень технічного стану будівель, споруд, устаткування, машин і механізмів, ефективності роботи вентиляційних систем, стану санітарно-технічних пристроїв, санітарно-побутових приміщень, засобів колективного та індивідуального захисту працівників.

3.2. У визначенні їх відповідності вимогам нормативних правових актів з охорони праці і при виявленні порушень, які створюють загрозу життю і здоров'ю працівників або можуть привести до аварії, вживає заходів щодо припинення експлуатації машин,

устаткування і виконання робіт у цехах , на дільницях, на робочих місцях.

4. Спільно з іншими підрозділами підприємства проводить роботу з атестації та сертифікації робочих місць і виробничого устаткування на відповідність вимогам охорони праці .

5. Бере участь у розробці заходів щодо попередження професійних захворювань і нещасних випадків на виробництві, поліпшення умов праці і доведення їх до вимог нормативних правових актів з охорони праці, а також надає організаційну допомогу з виконання розроблених заходів.

6. Контролює вчасне проведення відповідними службами необхідних випробувань і технічних оглядів стану устаткування, машин і механізмів, дотримання графіків вимірів параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виконання приписів органів державного нагляду і контролю за дотриманням діючих норм , правил та інструкцій з охорони праці, стандартів безпеки праці в процесі виробництва, а також у проектах нових і реконструйованих виробничих об'єктів, бере участь у прийманні їх в експлуатацію.

7. Бере участь у розгляді питань про відшкодування роботодавцем шкоди , заподіяної працівникам каліцтвом , професійним захворюванням або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаними з виконанням ними трудових обов'язків.

8. Надає підрозділам підприємства методичну допомогу:

8.1. У складанні списків професій і посад, відповідно до яких працівники мають проходити обов'язкові медичні огляди, а також списків професій і посад, відповідно до яких на підставі чинного

законодавства працівникам надаються компенсації і пільги за важкі, шкідливі або небезпечні умови праці .

8.2. При розробці й перегляді інструкцій з охорони праці, стандартів підприємства системи стандартів безпеки праці.

8.3. По організації інструктажу, навчання і перевірки знань працівників з охорони праці.

9. Проводить вступні інструктажі з охорони праці з усіма знову прийнятими на роботу, відрядженими, учнями і студентами, які прибули на виробниче навчання або практику.

10. Бере участь у складанні розділу «Охорона праці» колективного договору, у розслідуванні випадку виробничого травматизму, професійних і виробничо - обумовлених захворювань, вивчає їх причини, аналізує ефективність проведених заходів щодо їх попередження .

11. Здійснює контроль над організацією зберігання, видачі, прання хімічного чищення, сушіння, знепилення, знежирення і ремонт спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту, станом запобіжних пристосувань і захисних пристроїв, а також правильним витрачанням у підрозділи підприємства коштів, виділених на виконання заходів з охорони праці.

12. Складає звітність з охорони праці за встановленими формами і у відповідні терміни.

13. Виконує окремі службові доручення свого безпосереднього керівника.

III. Права інженера з охорони праці та безпеки

Інженер з охорони праці має право:

1. Знайомитися з проектами рішень керівництва підприємства, що стосуються його діяльності .

2. З питань, що перебувають у його компетенції вносити на розгляд керівництва підприємства і начальника відділу охорони праці пропозиції щодо поліпшення

діяльності підприємства і вдосконалення форм і методів праці працівників; зауваження щодо діяльності працівників підприємства; варіанти усунення наявних у діяльності підприємства недоліків.

3. Запитувати особисто або за дорученням начальника відділу охорони праці від керівників підрозділів та фахівців інформацію та документи, необхідні для виконання його посадових обов'язків.

4. Залучати фахівців усіх (окремих) структурних підрозділів до вирішення задач, покладених на нього (якщо це передбачено положеннями про структурні підрозділи, якщо ні - то з дозволу керівництва) .

5. Вимагати від керівництва підприємства сприяння у виконанні своїх посадових обов'язків і прав .

IV. Відповідальність інженера з охорони праці та безпеки

Інженер з охорони праці несе відповідальність:

1. За неналежне виконання або невиконання своїх посадових обов'язків, передбачених цією посадовою інструкцією, в межах, визначених чинним трудовим законодавством України.

2. За правопорушення, скоєні в процесі здійснення своєї діяльності, – в межах, визначених чинним адміністративним, кримінальним та цивільним законодавством України.

3. За завдання матеріальної шкоди в межах, визначених чинним трудовим і цивільним законодавством України .

3. Страховий експерт з охорони праці

Згідно закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які

спричинили втрату працездатності». *Стаття 23.* Страхові експерти з охорони праці.

Виконання статутних функцій та обов'язків Фонду соціального страхування від нещасних випадків щодо запобігання нещасним випадкам покладається на страхових експертів з охорони праці.

Страховими експертами з охорони праці можуть бути особи з вищою спеціальною освітою за фахом спеціаліста з охорони праці або особи з вищою технічною або медичною освітою, які мають стаж практичної роботи на підприємстві не менше трьох років та відповідне посвідчення, яке видається центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці.

Страхові експерти з охорони праці мають право:

1) безперешкодно та в будь-який час відвідувати підприємства для перевірки стану умов і безпеки праці та проведення профілактичної роботи з цих питань;

2) у складі відповідних комісій брати участь у розслідуванні нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, а також у перевірці знань з охорони праці працівників підприємств;

3) одержувати від роботодавців пояснення та інформацію, в у тому числі у письмовій формі, про стан охорони праці та види здійснюваної діяльності;

4) брати участь у роботі комісій з питань охорони праці підприємств;

5) вносити роботодавцям обов'язкові для виконання подання про порушення законодавства про охорону праці, а центральному органу виконавчої влади, що реалізує державну політику з охорони праці, - подання щодо застосування адміністративних стягнень або притягнення до відповідальності посадових осіб, які допустили ці порушення, а також про заборону

подальшої експлуатації робочих місць, дільниць і цехів, робота на яких загрожує здоров'ю або життю працівників;

6) складати протоколи про адміністративні правопорушення у випадках, передбачених законом;

7) брати участь як незалежні експерти в роботі комісій з випробувань та приймання в експлуатацію виробничих об'єктів, засобів виробництва та індивідуального захисту, апаратури та приладів контролю.

Страхові експерти з охорони праці проводять свою діяльність відповідно до Положення про службу страхових експертів з охорони праці, профілактики нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Березуцький В.В., Ільїнська О.І. Практичні роботи з курсу «Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки» : Навчальний посібник / За ред. проф. В.В.Березуцького – Харків; НТУ «ХПІ», 2022 – 72 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/64613>.
2. Березуцький В.В. Васьковець Л.А., Вершиніна Н.П., Горбенко В.В. та інші. Безпека життєдіяльності / Навчальний посібник. – Х.: Факт, 2005. – 384 с.
3. Ігрове проектування в студентських олімпіадах / В. В. Березуцький [та ін.] // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. Темат. вип. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ "ХПІ", 2010. – № 32. – С. 21-31. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/24943>
4. Інноваційні ділові ігри в олімпійських змаганнях студентів з безпеки життєдіяльності / М. Бурцев [та ін.] // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. Темат. вип. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ "ХПІ", 2010. – № 32. – С. 32-41. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/24944>
5. Надзвичайні ситуації, рятувальні роботи та надання першої медичної допомоги при невідкладних станах : навч. посібник / В. В. Березуцький [та ін.] ; заг. ред. В. В. Березуцький. – Харків : Форт, 2012. – 106 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/62729>
6. Березуцький В.В., Іванов А.В., Іванов В.М., Латишева М.М. Настільна книга роботодавця. Посібник з охорони праці. / В.В. Березуцький, А.В. Іванов, В.М. Іванов, М.М.

- Латишева – 4-е вид. переробл. і доп. – Х.: Вид-во «Лідер», 2016. – 384 с. ISBN 978-617-630-040-3
7. Глива В.А., Березуцький В.В., Березуцька Н.Л., Халіль В.В. Аудит ризиків безпеки на робочому місці / В.А. Глива, В.В.Березуцький, Н.Л. Березуцька, В.В. Халіль /Технологический аудит и резервы производства, №2/3 (28), 2016 – С.12–17. DOI:10.15587/2312-8372.2016.66731, ISSN 2226-3780
8. Березуцький В. В. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навч. посібник / В. В. Березуцький, М. І. Адаменко; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/23046>
9. Безпека людини у сучасних умовах: Монографія / В.В. Березуцький, Н.Л. Березуцька, А.О. Богодист та ін.; За заг. ред. проф. В.В. Березуцького. – Харків: ФОП Мезіна В.В., 2018. – 208 с. ISBN 978-617-7577-60-6
10. Основи професійної безпеки та здоров'я людини : підручник / В. В. Березуцький [та ін.]; ред. В. В. Березуцький; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 553 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/37199>
11. Безпека людини у сучасних умовах : монографія / В. В. Березуцький [та ін.]; заг. ред. В. В. Березуцький; Нац. техн. ун-т «Харківський політехн. ін-т». – Харків : ФОП Мезіна В. В., 2018. – 208 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/34933>
12. Березуцький В.В. Культура безпеки життєдіяльності як джерело небезпек. Наукове забезпечення освітньої діяльності у сфері цивільного захисту /Матеріали II Науково-практичної конференції (за міжнародною участю 16 травня 2019 року – Київ: ІДУЦЗ, 2019. – С.67-70. ISBN 978-617-7595-50-1

13. Березуцький В.В. Безпека життєдіяльності людини є питанням першочерговим/Монографія/ Redakcja naukowa: Andrzej Kozera, Edyta Sadowska. Nauka i praktyka bezpieczeństwa, Wydawnictwo EAS Kraków 2019. – С. 103 – 111.ISBN 978-83-61645-34-4
14. Березуцький В.В., Ільїнська О.І. Новітні підходи до втілення ризик-орієнтованого підходу та удосконалення інструкції з охорони праці // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні -Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – № 2 (2) 2020. – С. 65–78. – ISSN 2079-004X.
15. Березуцький В.В. Управління охороною праці: навчальний посібник для студентів спеціальності – «Цивільна безпека», освітньої програми «Охорона праці» / В.В. Березуцький. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – 412 с. ISBN 978-617-7947-87-4
16. Березуцький В. В. Практичні роботи. Системний аналіз у вирішенні задач професійної та промислової безпеки [Електронний ресурс]: навч.-метод. посібник / В. В. Березуцький, О. І. Ільїнська ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Електрон. текст. дані. – Харків, 2022. – 112 с. – URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/64613>.
17. Березуцький В. В. Вступ до фаху. Ознайомча практика : текст лекцій / В. В. Березуцький ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : Підручник НТУ «ХПІ», 2023. – 223 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/63965>
- .

ЗМІСТ

Передмова	3
1 Системний аналіз стосовно організації роботи з охорони праці	5
2 Вступ до системного аналізу в професійної безпеці	25
3 Системні властивості. Класифікація систем	36
4 Принципи і закономірності дослідження і моделювання систем	55
5 Функціональний опис і моделювання систем	70
6 Інформаційний опис і моделювання систем	97
7 Структура системного аналізу	114
8 Класифікація видів моделювання систем	127
9 Показники та критерії ефективності функціонування систем	154
10 Теорія ігор і прийняття рішень у СА	163
11 Людські чинники у системному аналізі	183
12 Теорія Хаоса і безпека на виробництві	211
13 Використання системного аналізу при визначені культури безпеки	231
Додаток 1. Посадові інструкції фахівців з охорони праці на підприємствах (зразок)	250
Література	264
Зміст	267

Навчальне видання

БЕРЕЗУЦЬКИЙ Вячеслав Володимирович

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ У ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ
ПРОФЕСІЙНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

Навчальний посібник
для студентів другого рівня навчання, спеціальності «Цивільна
безпека» усіх форм навчання

Відповідальний за випуск проф. *Вамболь С.О.*
Роботу до видання рекомендувала доц. *Мезенцева І.О.*

В авторський редакції

План 2024 р., поз.149.

Підп. до друку

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк.14.1

Видавничий центр НТУ «ХП».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Електронне видання

