

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

О. М. Терентьєв, С. В. Зайченко, А. Й. Клещов, Н. А. Шевчук

**ТЕХНІЧНІ РИЗИКИ. ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКУМ
Навчальний посібник**

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізацій
«Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні
системи енергоємних виробництв»

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2020

Технічні ризики. Теорія та практикум: [Електронний ресурс]: навч. посібник для студ. спеціальностей: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізацій: «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв» / О. М. Терентьєв, С. В. Зайченко, А. Й. Клещов, Н. А. Шевчук / КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні тестові дані (1 файл: 5207 КБ). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. - 168 с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №6 від 31.01.2020р.) за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (протокол №10 від 27.01.2020 р.)

Електронне мережне навчальне видання

ТЕХНІЧНІ РИЗИКИ. ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Укладачі:	Терентьєв Олег Маркович, д.т.н., професор Зайченко Стефан Володимирович, д.т.н., професор Клещов Антон Йосипович, к.т.н. Шевчук Наталія Анатоліївна, к.т.н., доцент
Відповідальний редактор	Шевчук С.П., д.т.н., професор
Рецензенти:	Бойченко С.В., д.т.н., професор Розен В. П., д.т.н., професор

У посібнику розглянуто теоретичні положення стосовно оцінки і управління технічними ризиками на виробництві. Надано конкретні приклади їх розрахунку. Приділено увагу до особливостей передбачення і попередження типових аварійних ситуацій при функціонуванні технічних інновацій на виробництві.

Матеріал призначений для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів та інженерів що займаються створенням і експлуатацією електромеханічних та мехатронних системи енергоємних виробництв за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізацій «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв»

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
ТЕМА 1. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ ПРЕДМЕТУ ВИВЧЕННЯ.....	8
1.1. Основна термінологія технічних ризиків	8
1.2. Короткі історичні відомості	10
1.3. Основна нормативна база теорії ризиків	12
1.4. Питання для самоперевірки	12
ТЕМА 2. ПОНЯТТЯ РИЗИКУ. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ.....	13
2.1. Поняття ризику	13
2.2. Класифікація ризиків	13
2.3. Процеси проектування електромеханічного обладнання	15
2.4. Характеристика окремих категорій ризиків.....	16
2.5. Питання для самоперевірки	18
ТЕМА 3. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ.....	19
3.1. Використання елементів теорії графів при проектуванні.....	19
3.2. Питання для самоперевірки	22
ТЕМА 4. МЕТОДОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ.....	23
4.1. Операційні маршрути й траєкторії проектної діяльності	23
4.2. Послідовний розвиток проекту.....	24
4.3. Поетапне нарощування можливостей проекту	25
4.4. Питання для самоперевірки	27
ТЕМА 5. ПЛАН УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ РИЗИКАМИ.....	29
5.1. Стадії плану управління ризиками	29
5.2. Вплив на технічні ризики	30
5.3. Питання для самоперевірки	32
ТЕМА 6. ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗБИТКІВ ВІД РИЗИКОВИХ СИТУАЦІЙ	34
6.1. Планування попередження збитків від ризикових ситуацій	34
6.2. Розподіл ресурсів для подолання ризиків	35
6.3. Питання для самоперевірки	37

ТЕМА 7. СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЕКТУ	39
7.1. Планування заходів і стратегій управління якістю проекту.....	39
7.2. Карта ризиків	40
7.3. Типові помилки проектування, щодо якості продукту	42
7.4. Питання для самоперевірки	44
ТЕМА 8. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ	45
8.1. Поняття проектний ризик та методи прогнозування ризику.....	45
8.2. Види зв'язків проекту	48
8.3. Типи внутрішніх проектних зв'язків.....	49
8.4. Документальна фіксація зв'язків проекту.....	50
8.5. Граф зв'язків	51
8.6. Питання для самоперевірки	53
ТЕМА 9. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ ТЕХНІЧНИХ ПРОЕКТІВ	57
9.1. Кількісний аналіз ризиків.....	57
9.2. Аналіз чутливості проекту	58
9.3 Аналіз сценаріїв розвитку проекту.....	59
9.4. Метод імітаційного моделювання	60
9.5. Моделювання ризику методом Монте-Карло	63
9.6. Питання для самоперевірки	64
ТЕМА 10. ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДІВ ОЦІНКИ РИЗИКУ	65
10.1. Актуальність управління та оцінки ризиків	65
10.2. Особливості оцінки ризику Value-At-Risk (VaR)	69
10.3. Метод історичного моделювання.....	70
10.4. Метод параметричної оцінки	71
10.5. Питання для самоперевірки	72
ТЕМА 11. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКУ VALUE-AT-RISK (VAR).....	73
11.1. Обґрунтування доцільності використання методу VALUE-AT-RISK .	73
11.2. Семіваріація і семіквадратичне відхилення при використанні методу VALUE-AT-RISK	75
11.3. Використання методу VaR при асиметричному розподілі показників	76
11.4. Питання для самоперевірки	78
ПРАКТИКУМ 1	79

П1.1. Короткий огляд наслідків аварій	79
П1.2. Вибір між двома рішеннями при різному математичному очікуванні	80
П1.3. Перехід від символьних до машинних змінних	82
П1.4. Розрахунок ризику вибору варіантів рішень	84
П1.5. Вибір між двома рішеннями за коефіцієнтом варіації K_{vp} або $V(X)$ у якості заходу ризику	88
П1.6. Ризик втрати працездатності системи при відмові її елементу	91
П1.7. Висновки (складаються самостійно)	92
П1.8. Рекомендації (складаються самостійно)	92
П1.9. Методичні вказівки до виконання практикуму № 1	92
П1.10. Питання для самоперевірки знань	92
П1.11. Збирання віртуального приладу	94
П1.12. Пояснення до вибору коду УДК	96
П1.13. Пояснення до вибору коду продукту з ДКПП 016-97	96
ПРАКТИКУМ 2	97
П2.1. Корегування параметрів інноваційного проекту	97
П2.2. Приклад оцінки можливих збитків або втраченого прибутку	100
П2.3. Урахування невизначеності ризику і ефективності проекту	101
П2.4. Додатковий віртуальний прилад	105
П2.5. Висновки	106
П2.6. Практичні рекомендації	107
П2.7. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання	108
ПРАКТИКУМ 3	109
ПЗ.1. Формула Баєса - Теорема гіпотез	109
ПЗ.2. Встановлення ризику придбання неякісних комплектуючих	111
ПЗ.3. Висновки (складаються самостійно)	115
ПЗ.4. Практичні рекомендації (складаються самостійно)	115
ПЗ.5. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання	116
ПЗ.6. Парадокс Баєсової моделі	117
ПРАКТИКУМ 4	118
П4.1. Методи математичного програмування для визначення оптимальної виробничої програми	118
П4.2. Визначення ризику порушення технології виробництва	122

П4.3. Висновки (складаються самостійно)	126
П4.4. Практичні рекомендації (складаються самостійно)	126
П4.5. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання	126
П4.6. Парадокси методу максимальної правдоподібності.....	127
П4.7. Парадоксальне оцінювання ймовірності	128
ПРАКТИКУМ 5	130
П5.1. Визначення поняття ймовірність події	130
П5.2. Визначення ймовірності випуску виробу певного ґатунку	131
П5.3. Аналіз ризику використання виробничого обладнання	131
П5.4. Якісний і кількісний аналіз небезпек	132
П5.5. Імовірнісний розрахунок надзвичайної події.....	133
П5.6. Оцінка випуску неякісного продукту в оболонці LabVIEW	136
П5.7. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання	139
П5.8. Висновки	141
П5.9. Практичні рекомендації (складаються самостійно)	141
ПРАКТИКУМ 6	142
П6.1. Теоретичні відомості.....	142
П6.2. Встановлення стану будівлі після вибуху балонів газу	143
П6.3. Висновки	145
П6.4. Практичні рекомендації.....	145
ПРАКТИКУМ 7	146
П7.1. Теоретичні відомості щодо керування ризиками методом «Value at Risk (VAR) - Сума під ризиком».....	146
ПРАКТИКУМ 8	153
П8.1. Вказівки щодо виконання практичного заняття	153
П8.2. Завдання для самостійного вирішення.....	154
ЛІТЕРАТУРА.....	157
ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА.....	160

ВСТУП

Вирішення практичних задач потребує чіткого уявлення п'яти головних питань:

- **ЩО?** - визначення суттєвого складу роботи.
- **ЯК?** - вибір підходу до вирішення задачі.
- **ЧИМ?** - вибір ресурсів, які будуть використанні.
- **РИЗИК?** - використання новітнього технічного рішення
- **ЯКИМ ЧИНОМ?** - визначення способу (конкретної послідовності, алгоритму) дій.

Усі ці питання визначають концептуальний склад менеджменту. А менеджмент, на думку відомого англійського консультанта з питань керування М. Вудкока "займається ефективним вирішенням проблем". З цієї точки зору інженерна діяльність - це повсякденний менеджмент [1].

В умовах автоматизації процесів в Україні, чотири вищезгадані задачі конкретизуються наступним чином:

- **ЩО?** - підвищення ефективності праці (продуктивності персоналу установи або закладу).
- **ЯК?** - автоматизацією (не)виробничих процесів.
- **ЧИМ?**- раціональними інноваційними технологіями та програмним забезпеченням.
- **ЯКИМ ЧИНОМ?** - придбанням необхідного обладнання та програмного забезпечення, і навчанням персоналу доцільно використовувати придбане.

На початку кожен користувач неминуче підпадає під дію відомого закону Мерфі, який наголошує: "якщо існує два та більше способів зробити будь-що, але один з них невірний, то знайдеться той, хто неодмінно обере саме цей спосіб". Цей закон може спрацювати на будь-якому з чотирьох етапів.

Навчання - єдиний спосіб обійти закон Мерфі. Але навчання повинно мати певне матеріально - технічне забезпечення, а не тільки за допомогою підручників.

ТЕМА 1. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ ПРЕДМЕТУ ВИВЧЕННЯ

1.1. Основна термінологія технічних ризиків

Основні терміни прийняті за [1-3].

Загроза - подія, що можлива в майбутньому, у процесі якої заподіюється шкода (збитки): здоров'ю, майну або середовищу.

Наслідок - кількісно або якісно виражений результат нещасного випадку.

Інцидент - подія або послідовність подій, що можуть привести до нещасного випадку, якщо не буде попереджений.

Подія - дія, або послідовність дій, наслідками якої заподіюється шкода (збитки), ситуація нещасного випадку,.

Подія, що спонукає - перший крок у послідовності подій, яка веде до нещасного випадку.

Основна подія - головна подія нещасного випадку, у результаті якого виникає небезпека.

Індивідуальний ризик - імовірність загибелі індивіда в результаті нещасного випадку при знаходженні в певній географічній точці стосовно небезпечного об'єкта.

Соціальний ризик - імовірність, що в результаті нещасного випадку загине не менш «n» людей. Він характеризує серйозність аварії (двовірна величина, що показує зв'язок між кількістю загиблих людей і ймовірністю, що це число буде перевищено).

Джерело ризику - технічний об'єкт, соціальне або природне явище, яке при певних обставинах може привести до нещасного випадку.

Зони ризику - територія, на яку можуть вплинути небажані прояви нещасного випадку.

Чинники ризику - якісно виражені ознаки (критерії), що впливають на ризик.

Параметри ризику - кількісно (чисельно) виражені ознаки, що впливають на ризик, які можна використовувати в математичних моделях ризику.

Методологія (від *метод* і *логія*) - вчення про структуру, логічну організацію, методах і засобах діяльності [4].

Методологія - система усвідомлених принципів і засобів організації і побудови теоретичної і практичної діяльності [5]. Звідки походять поняття „методологія управління”, „методологія планування”, ”методологія обліку”.

Методологія - це стратегія побудови і виконання системи діяльності, тобто погодження про те, яким чином повинна розвиватися система яка визначає набір методів, засобів і інструментів, які узгоджені зі стратегією [6].

Метод (від грецького - *methodos* - шлях дослідження або пізнання, теорія, вчення), сукупність прийомів або операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, яке підлегле вирішенню конкретної задачі [4].

Метод - широкий клас методик, які володіють спорідненням основного технологічного прийому або спорідненою теоретичною системою уявлень, на якому базується валідність даного класу методик [5].

У якості метода можуть виступати система операцій при роботі на певному обладнанні, прийоми наукового відбору, дослідження, оцінки, викладення матеріалу з певної позиції.

Валідність - обґрунтованість методики - одна з основних характеристик методики, яка вказує на ступінь відповідності отриманої інформації про властивість об'єкту, який досліджується [6].

Метод - це спроможність підтримувати проходження операційного маршруту за допомогою певних налаштувань, узгоджень, рекомендацій, і регламентів [3].

Методика - процедура, або система дій, яка призначена для отримання інформації про конкретні властивості об'єкту або предмету дослідження [5].

Функція методології є подвійною - вона описує, і наставляє. Дозволяє описати і оцінити діяльність з точки зору внутрішньої організації. У її рамках

виробляються рекомендації і правила - тобто ті норми, якими фахівцю слід керуватися у своїй діяльності

Область методології включає у себе широкий комплекс наукових методів дослідження:

- спостереження;
- експеримент;
- моделювання;
- тестування;

Методологія розуміється як система основних принципів і правил, які регулюють процедуру оцінки і вибору. Принципів і правил що встановлюють механізми реалізації пріоритетів для задовольняння поточних і перспективних потреб держави.

1.2. Короткі історичні відомості

МЕТОДОЛОГІЯ (від *метод* і *логія*) - вчення про структуру, логічну організацію, методах і засобах діяльності. [5, 6]

Методологія науки визначає принципи побудови, форми і способи науково-технічної діяльності.

Найбільш важливими моментами методології є:

- постановка проблеми, саме тут найчастіше виникають методологічні помилки, які призводять до марного витрачання коштів і часу;
- визначення об'єкту і предмету дослідження;
- побудова наукової гіпотези, яка після проведення дослідження має перетворитися у теорію;
- перевірка отриманого наукового результату, з точки зору його відповідності (адекватності) об'єкту дослідження.

Аристотель (384-322 до н.е., учень Платона) розглядав методологію, як логічну систему „**Органон**” - універсальне знаряддя істинного пізнання.

Родоначальником методології вважають англійського вченого Френсіса Бекона, який першим висунув ідею озброїти науку системою методів і реалізував цю ідею у „Новому органоні”. Головний принцип - *„До істинного знання веде лише істинний метод”*.

Наступний крок у розвитку принципів методології зроблено Рене Декартом (латинізоване ім'я Картезій, 31.03.1596 Лае (Турень) - 11.02.1650, Стокгольм), якій сформулював проблему пізнання, як проблему відношення суб'єкта і об'єкта. Він вперше ставить питання про специфічність мислення, його неможливості зведення до простого і безпосереднього відображення дійсності.

Інша лінія спеціалізації методології пов'язана з англійським емпіризмом і в першу чергу зі школою Дж. Локка (29.08.1632 Рінгтон, Англія - 28.10.1704, Отс), який запропонував сенсуалістичну теорію пізнання. У подальшому Дейвід Юм (07.05.1711, Единбург, Шотландія - 25.08.1776, там же)) став засновником емпіризму, що критикує теоретичні знання з позиції скептицизму. Вказані школи були прихильниками дослідного пізнання світу.

Проблеми методології були пов'язані з теорією пізнання до німецького філософа Іммануеля Канта (22.04.1724, Кёнісберг - 12.02.1804, там же). Кант обґрунтував особливий статус методологічного знання, визначивши різницю між конститутивними і результативними принципами пізнання, тобто між об'єктивним змістом знання і формою, завдяки якій воно організується у систему. Цім було покладено початок аналізу пізнання, як специфічної діяльності зі своїми особливими формами внутрішньої організації.

1.3. Основна нормативна база теорії ризиків

Задачею працедавця, згідно **Закону «Про охорону праці»** (20.06.2001), є гарантія безпеки і охорони життя і здоров'я працівників на підприємстві, а також упорядкування робочого середовища, згідно правилам Кабінету Міністрів № 379 **«Порядок проведення внутрішнього нагляду за робочим середовищем»** (23.08.2001).

Оцінку ризику передбачає також основна директива Європейського Союзу 89/391/ЕЕС, та підпорядковані їй спеціальні директиви з безпеки праці на робочих місцях (89/654/ЕЕС, 89/655/ЕЕС, 89/656/ЕЕС, 90/269/ЕЕС, 90/270/ЕЕС тощо) і директиви про захист працівників від хімічних, фізичних і біологічних ризиків (98/24/ЕС, 2000/54/ЕС, 2002/44/ЕС тощо). Основні положення аналізу і оцінки ризиків а також управління ними включені в наступні міжнародні стандарти:

- стандарт управління навколишнім середовищем **ISO 14001** («Environmental management systems standards» - Системи екологічного менеджменту стандартів);
- стандарт якості **ISO 9001** («Quality systems: Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing» - Модель для забезпечення якості при проектуванні, розробці, налагоджуванні і обслуговуванні);
- система управління професійним здоров'ям і безпекою праці **OHSAS 18001** («Occupational Health and Safety Assessment series» Гігієна праці та оцінка безпеки).

Документи Європейської спілки «Здоров'я і безпека праці» (ЕС DOC/05/20/97) передбачають загальний підхід до оцінки ризиків, що можуть виникати у виробничих умовах.

1.4. Питання для самоперевірки

1.4.1 Назвіть основні вітчизняні і зарубіжні нормативні документи стосовно передбачення ризику життєвої діяльності суспільства?

ТЕМА 2. ПОНЯТТЯ РИЗИКУ. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ

2.1. Поняття ризику

Ризик (Risk) або **ступінь ризику (level of risk)** - це комбінація частоти або ймовірності й наслідків певної небезпечної події [5, 6]. Тобто, поняття ризику завжди включає два елементи:

- ймовірність події або частоту, з якою відбувається небезпечна подія;
- наслідки небезпечної події.

Ризик ***R*** можливо записати у символічному вигляді [6]:

$$R = Q \times p, \quad (2.1)$$

де ***Q*** - ймовірність події (частоту, з якою відбувається небезпечна подія);

p - наслідки (обсяг збитків).

Ризик можливо також охарактеризувати рівнянням [6], яке ураховує:

- наявність небезпеки;
- можливість уникнути ризику;
- ступінь тяжкості ризику

$$R = E \times A \times S, \quad (2.2)$$

де ***E*** (*Existence*) - ймовірність існування визначеного ризику;

A (*Avoidance*) - ймовірність уникнення ризику;

S (*Severity*) - категорія, що визначає ступінь важкості ризику.

2.2. Класифікація ризиків

Найбільш характерні наступні види ризику у робочому середовищі [2,3]:

- неосмислений (непередбачуваний) ризик;
- осмислений (передбачуваний) ризик;
- ризик забруднення навколишнього природного середовища.

Кваліфікаційна система ризиків включає:

- групи;
- види;
- різновиди;
- категорії;
- підвиди.

Залежно від можливого результату (ризикової події) ризики можна поділити на дві великі групи:

- чисті;
- спекулятивні.

Чисті ризики означають можливість одержання негативного або нульового результату.

До цих ризиків відносять:

- **природно-екологічний** (ризики, пов'язані із проявом стихійних чинників: землетрус, повінь, буря, пожежа, епідемія);
- **техногенно-екологічний** (ризики пов'язані зі зміною екологічної ситуації від некерованого втручання людини у навколишнє природне середовище);
- **політичні** (ризики пов'язані з політичною ситуацією в країні й діяльністю держави.);
- **транспортні** це ризики, пов'язані з перевезеннями вантажів транспортом;
- **комерційні** (ризики небезпеки втрат у процесі фінансово-господарської діяльності, майнові, виробничі, торговельні).

Спекулятивні ризики полягають у можливості одержання як позитивного, так і негативного результату.

До цих ризиків відносять **фінансові ризики**, що є частиною комерційних ризиків.

Ризиками можна управляти, тобто використовувати різні дії, що дозволяють деякою мірою прогнозувати настання ризикової події й вживати заходів до зниження ступеня ризику.

2.3. Процеси проектування електромеханічного обладнання

Стандарт *PMBOK* (Project Management Body of Knowledge) інституту менеджменту проектів PMI, фіксує, що „*процес* — це серія дій, що призводить до результату” [6], не визначаючи, що таке «дія» і «результат».

ISO 9000 визначає: „**Процес** — будь-яка діяльність, у якій використовуються ресурси для перетворення вхідних ресурсів у вихідні” [7]. Останнє є загальновизнаним визначенням *процесу*, формалізація якого для опису систем *процесів* представлена в так званій IDEF-Технології [8].

Відзначимо, що розуміння *діяльності* включає *процес*. З точністю до цього розходження в термінології, базові положення з того, що обговорюється й стандартизується в області розробки технічних проектів, переносяться на поняття системи *проектних діяльностей*. Так, *PMBOK* пропонує оперувати поняттям *групи процесів*, визначаючи для проектів наступні групи, описані нижче.

- **Процеси ініціації** — починають проект, визначають для нього вихідні *ресурси й матеріали*, мету, цілі й всі інші елементи *діяльності*. По суті, це є початком перед проектною *діяльністю*.
- **Процеси планування** — визначають, якими способами (методами) передбачається організувати *проектну діяльність*, на які терміни й ресурси розраховується проект, на які вкладені **процеси** й етапи він розбивається і як передбачається перевіряти результати.
- **Процеси виконання** — поетапне виконання запланованих *процесів* у конкретних умовах.
- **Процеси контролю** — перевірка ходу *процесів* і результатів, що відповідає запланованій методиці контролю.
- **Процеси завершення** — те, що повинне бути зроблене, коли проект завершується.

Схема взаємодії *процесів* згідно *PMBOK* показана на рисунку 2.1

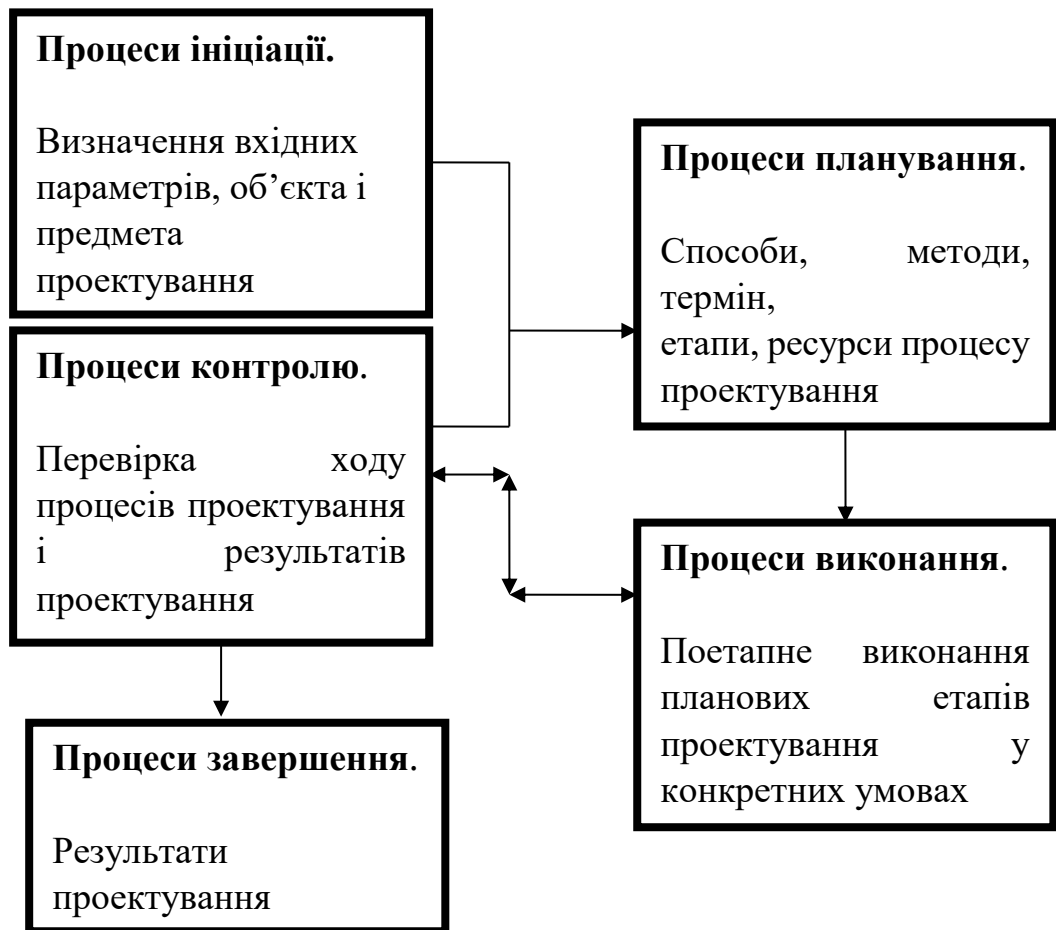


Рисунок 2.1. Взаємодія процесів виконання проекту

2.4. Характеристика окремих категорій ризиків

Основні технічні ризики і способи зниження їх впливу наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні ризики і способи зниження їх впливу

Види ризиків	Негативні впливи	Способи зниження ризиків
1	2	3
1. Застаріле обладнання	Збільшення витрат на ремонт і модернізацію	Зарезервовані матеріальні і часові ресурси
2. Нестабільність якості послуг	Втрата клієнтів, проблеми з попитом та реалізацією.	Страхування (Виконання Трудової, Адміністративної, Технологічної, Виробничої дисциплін).

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3
3. Використання Інноваційних технологій	Зростання витрат на їх освоєння	Аналіз і діагностика інноваційних технологій
4. Ненадійність складових	Можливість непередбачених аварійних ситуацій	Страховання
5. Відсутність резервних можливостей	Не покриття пікового попиту	Страховання

Якщо такі категорії ризиків як природно-екологічні; техногенно - екологічні; транспортні не потребують додаткових пояснень, то інші категорії треба охарактеризувати більш детально.

Майнові ризики - це ризики, пов'язані з імовірністю втрат майна через:

- крадіжку;
- диверсії;
- недбалості;
- перенапруги технічної й технологічної систем;

Виробничі ризики пов'язані: зі збитком від зупинки виробництва внаслідок виходу з ладу або ушкодження основних і оборотних фондів (устаткування, сировини, транспорту тощо); впровадженням у виробництво нової техніки й технології.

Торговельні ризики пов'язані зі збитком через: затримки платежів; відмови від платежу в період транспортування товару; нестачання товару.

Інвестиційні ризики містять у собі наступні підвиди ризиків:

- прямі фінансові втрати;
- зниження прибутковості;
- втрата користі.

Ризик втраченої користі - це ризик настання непрямого (побічного) фінансового збитку (неодержаний прибуток) у результаті нездійснення хоча б одного із заходів (наприклад, страхування, хеджування, інвестування тощо).

2.5. Питання для самоперевірки

2.1. Перелічити основні європейські і світові нормативні акти, що висвітлюють питання аналізу, управління і оцінки ризиків.

2.2. Дати визначення поняттю «ризик».

Відповідь: Ризик - це комбінація частоти або ймовірності й наслідків певної небезпечної події

2.3. Записати поняття «ризик» у символічному вигляді.

Відповідь: Ризик R можливо записати у символічному вигляді:

$$R = Q \times p, \quad (2.3)$$

де Q - ймовірність події;

p - наслідки (обсяг збитків).

2.4. Записати математичну модель урахування наявності небезпеки, можливості уникнути ризику і ступеня тяжкості ризику за визначенням Project Management Institute.

2.5. Назвіть види ризику у робочому середовищі за визначенням Project Management Institute.

2.6. Що розуміють під класифікацією ризику?

2.7. Що включає в себе кваліфікаційна система ризиків?

2.8. Розділення ризиків в залежності від можливого результату (ризикової події)

2.9. Що означає термін «чисті ризики» і які ризики до них відносяться ?

2.10. У чому полягає термін «спекулятивні ризики»? Які ризики можливо віднести до спекулятивних ?

2.11. Що треба визначати при попередньому аналізі ризиків?

2.12. Обґрунтуйте поняття «майнові ризики».

2.13. Що означає термін «виробничі ризики»?

2.14. Що означає термін «торговельні ризики»?

2.15. Перелічіть види інвестиційних ризиків.

2.16. Дайте визначення поняттю «ризик втраченої користі».

ТЕМА 3. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ

3.1. Використання елементів теорії графів при проектуванні

Широко відомий «трикутник менеджменту проектів» [9], представлений на рисунку 3.1 («залізний трикутник») [10].

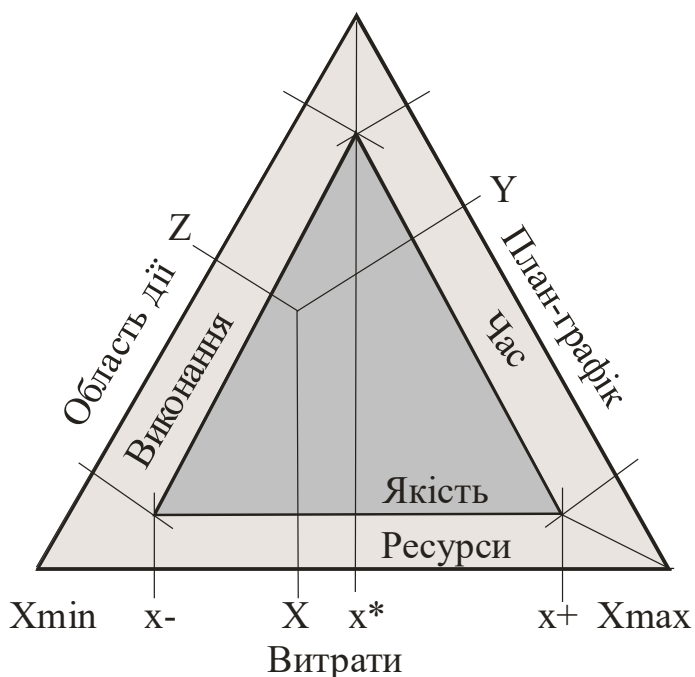


Рисунок 3.1. Трикутник менеджменту проектів

Потрібно врівноважувати продуктивність робіт проекту (область дії), час (план-графік поставок) і витрата ресурсів (витрати), задовольняючи вимогам якості. По різних причинах дотримання балансу по всіх параметрах, найчастіше, не вдається. Тому, фахівець повинен обирати у якості первинної мети один або два параметри, залишаючи інші залежними від обраних. Ця дія приводить до такої інтерпретації рисунку 3.1: „*трикутник добре-швидко-дешево - обери два з них*”.

Представимо зміст елементів, що становлять *трикутник менеджменту проектів*. Межі витрат (x_{min} , x_{max}) обмежують можливі значення змінної X , що вказує на обраний для проекту рівень витрат. Якщо це значення виходить за

інтервал ($x-x^-, x^+$), то домогтися необхідного рівня якості не вдасться, через брак ресурсів (коли значення попадає в $(x_{\min}, x-x^-)$, або їх додаткове споживання не призводить до зростання якості (значення в $(x^*, x^{\max})$). В межах інтервалу (x^*, x^+) , падіння рівня якості пояснюється іншими факторами (значеннями змінних Y і Z і обмеженнями на них). Відновивши перпендикуляр з обраного значення змінної X , одержуємо безліч значень у трикутнику, кожне з яких визначає пари двох інших змінних, Y і Z . Властивості значень цих змінних аналогічні витратним значенням. Вибираючи конкретне значення однієї з них, фіксують іншу і, як результат, одержуємо значення в просторі можливих рішень.

У традиційному *трикутнику менеджменту проектів*, якість продуктів і процесу виконання програмного проекту або не відображається зовсім, або задається за допомогою визначення деякої внутрішньої області трикутника, наприклад як у представленій вище моделі. Це вкладений трикутник, як на рисунку 3.1, коло (як пропонується в компанії Microsoft [11] тощо).

М. Відеман пропонує розглядати якість (QUALITY) як ще одну рівноправну змінну [10]. У результаті, замість трикутника виходить зірка із чотирма променями, рисунок 3.2.

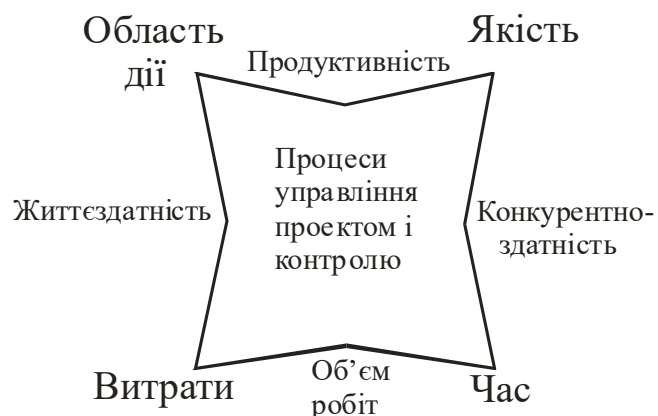


Рисунок 3.2. Рівноправні змінні: час (time), область дій (score), витрати (cost) і якість (quality) у зірці із чотирма променями [10].

Метод побудови зірки із чотирма променями не дозволяє будувати перпендикуляри й ускладнює вибір інваріанта. Проте, в стандарті PMDOK в 1987 році, таке подання було прийнято [12]. В 1991 році, Видеман у роботі [13],

приводить інтерпретацію чотирикутної зірки, яка є ускладненою в порівнянні із традиційним для вихідного трикутника трактуванням. Простоти інтерпретації можна домогтись використанням третього виміру, рисунок 3.3. У результаті зберігається можливість побудови перпендикулярів і трактування площі - тепер обсягу — як інваріанту [10].



Рисунок 3.3. Рівноправні змінні: час (time), область дій (score), витрати(cost) і якість (quality) у тетраедрі [10].

Ідею третього виміру скористався Дж. Мараско [14] на початку 2004 р. для відбиття в моделі ще однієї змінної: ймовірності успіху проекту, рисунок 3.4. Автор застосовує "проектну піраміду", рисунок 3.4, основою якого є чотирикутник зі сторонами Швидкість (Speed), Економічність (Frugality), Якість (Quality) і Область дій (Score). Висотою тетраедру є ймовірність успіху (Probability of Success - фактично використовується не ймовірність, а деяка величина, пов'язана з нею, що дозволяє застосувати простий інваріант). Ці п'ять характеристик проекту розглядаються як змінні, значення яких зв'язані інваріантом для наявних умов розвитку проекту силами даної команди. Як інваріант обирається обсяг піраміди.



Рисунок 3.4. Піраміда менеджменту: швидкість (speed), економічність (frugality), якість (quality), область дій (scope), імовірність успіху (probability of success) [14].

Оскільки ймовірність успіху проекту є величина, що змінюється в часі, а обсяг піраміди для даного проекту постійний, зміна цієї величини неминуче спричиняє зміну значень змінних основи піраміди. Звідси, зворотне твердження - ймовірність успіху залежить від «площі» підстави.

3.2. Питання для самоперевірки

3.2.1 Яку іншу назву має Трикутник менеджменту проектів?

Відповідь: «Залізний трикутник».

3.2.2 Чим задається якість продуктів і процесу виконання проекту у Трикутнику менеджменту проектів?

Відповідь: Задається за допомогою визначення деякої внутрішньої області трикутника

3.2.3 За якою формою представляє Відеман М?

Відповідь: М. Відеман пропонує розглядати якість (QUALITY) як ще одну рівноправну змінну [10]. У результаті, замість трикутника виходить зірка із чотирма променями.

3.2.4. Студент може самостійно обрати питання і надати на них Відповідь: Це мобілізує самостійний спосіб мислення у студента.

ТЕМА 4. МЕТОДОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

4.1. Операційні маршрути й траєкторії проектної діяльності

Реалізований при виконанні діяльності операційний маршрут називається траєкторією діяльності.

Маршрути й траєкторії задають динамічний аспект діяльності. Однак без прив'язки до мети і результату, ці поняття несуть мало змісту.

Можливі варіанти розвитку проекту представляються як безліч **операційних маршрутів**, серед яких виділено область припустимих траєкторій.

Якість планування розвитку проекту залежить від того, як точно встановлено операційні маршрути, раціональні для досягнення мети проекту (або виробничої функції).

Проект можна представити у вигляді конуса операційних маршрутів, центр якого відповідає задуму, а основа — безлічі всіх варіантів завершення проекту. На основі конуса виділяється цільова область — варіанти завершення проекту, що відповідають його меті. Траєкторії, які ведуть у цільову область, є припустимими, рисунок 4.1

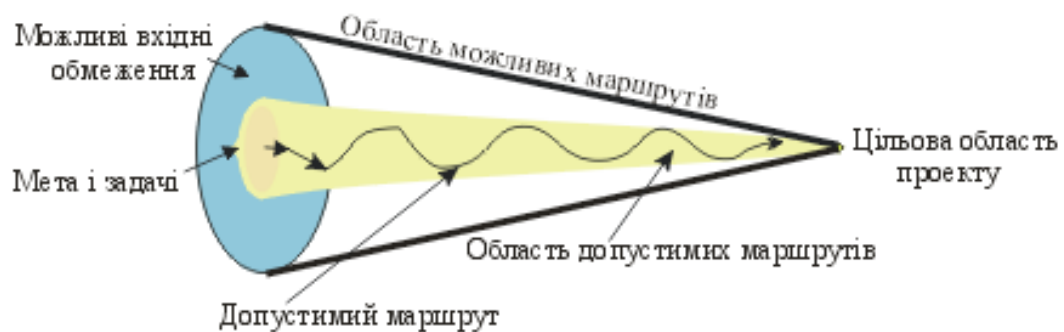


Рисунок 4.1. Конус операційних маршрутів проекту

4.2. Послідовний розвиток проекту

Для реалізації мети проекту він розбивається на етапи, які виконують послідовно. Кожен етап приводить до проміжних результатів, які є вхідними для наступного етапу. На проміжних етапах уточнюють постановку завдання й коло діяльностей, які доцільно активізувати. Таким чином, операційні маршрути проекту в цілому розбиваються на послідовність етапів зі своїми локальними цілями.

Постановка завдання кожного етапу характеризується:

- суб'єктом-виконавцем;
- строками, коли повинні бути вирішені завдання;
- виділеними ресурсами;
- засобами, інструментами й методами рішення завдань;
- контрольними заходами, що дозволяють упевнитися, що завдання етапу вирішені.

До кінця етапу пристосовуються так звані контрольні крапки. Вони призначені для того, щоб підвести локальні підсумки й дозволити перехід до робіт наступного етапу. Інструментами діяльності в контрольних крапках є контрольні заходи. Якщо з'ясовується, що завдання етапу може бути не виконано, тобто траєкторія, що реалізує діяльність етапу, вийшла з області допустимості, виконуються дії з метою повернення траєкторії в цю область. Зокрема, використовуються схеми з'ясування відхилень і коректування траєкторії. **Контрольна крапка** - це своєрідний бар'єр, якому треба перебороти, щоб перейти до робіт наступного етапу.

Якщо результати робіт етапу можуть бути незадовільні, то доцільно розбити його на локальні етапи, роботи або завдання, що допускають автономне керування тим або іншому способом, у тому числі шляхом з'ясування відхилень і коректування, а також за допомогою додаткових контрольних крапок. Крім того, якщо окремі види робіт допускають сполучення, то вони можуть

виконуватися паралельно. Для їх синхронізації встановлюються додаткові контрольні крапки.

Стратегія визначення етапів одержала назву **послідовного розвитку проектів**. Це історично перша стратегія, якої дотримувалися при розробці проектів, а тому для неї розроблено методики і їхні варіанти, але всі вони укладаються в схему, зображену на рисунку 4.2.

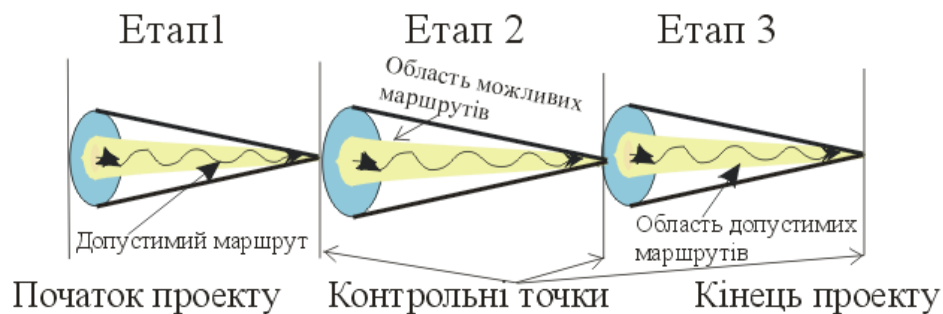


Рисунок 4.2. Послідовний розвиток проекту

Зі схеми видно, що при послідовному розвитку скорочення обсягу конуса операційних маршрутів досягається за рахунок розбивки його на ряд більше дрібних конусів, що відповідають етапам.

4.3. Поетапне нарощування можливостей проекту

Скорочення об'єму конуса операційних маршрутів можливо шляхом виділенням в загальному завданні проекту таких її частин, які стають прийнятними (доступними для огляду) для керування. На відміну від попередньої стратегії тут як перші, так і наступні завдання, що виділені, частково вирішують користувальницькі проблеми. Таким чином, у даній стратегії замість підзадач виділяються вимоги, які планується реалізовувати.

Кожне із часткових рішень називається *ітерацією проекту*, а стратегія такої розробки - *ітеративним розвитком проекту* або *ітеративним нарощуванням можливостей* системи, що створюється. У результаті

виконання однієї ітерації створюється самостійний елемент виробу. Принципово, що реліз ітерації ніколи не скасовує споживчих можливостей, отриманих на попередніх ітераціях.

На рисунку 4.3 наведено схему стратегії ітеративного нарощування

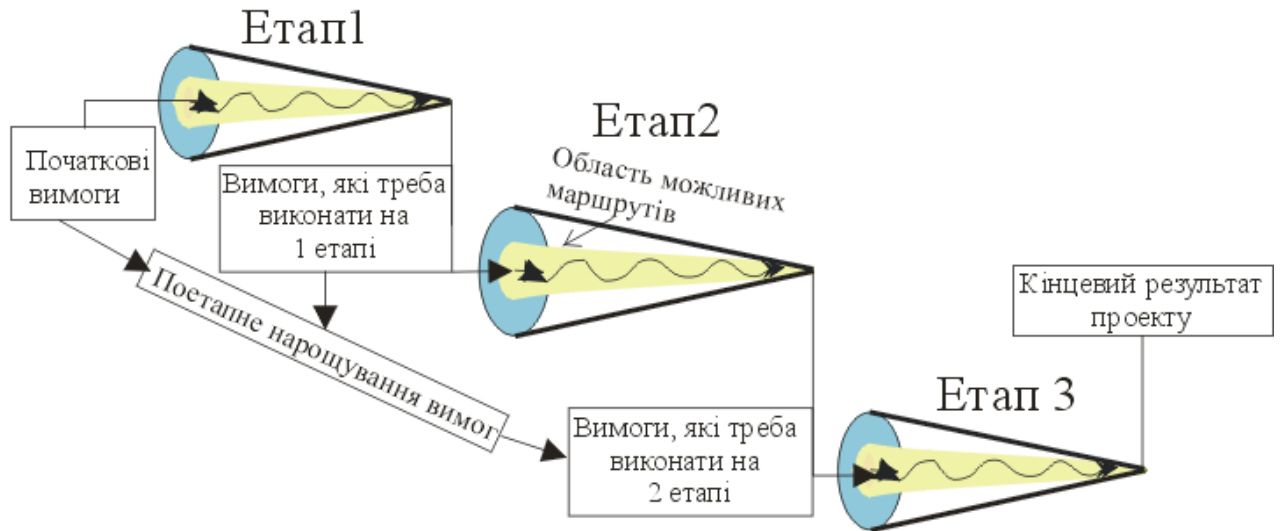


Рисунок 4.3. Інтерактивне нарощування можливостей системи

Прямокутники, намальовані біля підстав конусів операційних маршрутів ітерацій, представляють вимоги: заливанням виділений блок вимог, призначених для реалізації, пунктиром - відпрацьовані вимоги. Кількість прямокутників при переході від ітерації до ітерації росте, що відбиває надходження нових вимог у ході розвитку проекту.

При розгляді схеми ітеративного нарощування можливостей системи легко помітити що конуси ітерацій можна представляти як конуси етапів.

4.4. Питання для самоперевірки

4.4.1 Назвіть основні стадії складання плану управління *ризиками*?

Відповідь: Основними стадіями є:

- ідентифікація ризиків;
- управління ризиками — виставляння пріоритетів ризиків;
- встановлення можливості впливу на ризики.

4.4.2 Назвіть рівні впливу на ризики?

Відповідь:

- виключення ризику (**avoid**);
- перемикання ризику (**transfer**);
- зменшення ризику (**mitigate** [*'mitigeit*]);
- попередження збитків від ризику (**accept**).

4.4.3 Який перший крок підготовки до подолання можливих ризикових ситуацій?

Відповідь: Поділ на причини, настання й *наслідки ризиків*.

4.4.4 Наведіть структуру побудови поділу на причини, настання й *наслідки ризиків*

Відповідь: Структурна побудова поділу на причини, настання й *наслідки ризиків*

Умова	Дія
У результаті (через) <певна подія>	— замість цього потрібно підставити конкретну причину ризику, який ідентифікують
може трапитися <ризик>	— потрібно підставити найменування ризику
що може привести до <вплив>	— потрібно підставити варіанти того, що може відбутися

4.4.5 Які події характеризуються як реальні ризики?

Відповідь: **Реальні ризики** — це ті події, які дійсно характеризуються невизначеністю.

4.4.6. В результаті чого формується список ідентифікованих реальних ризиків?

Відповідь: У результаті ідентифікації ризиків формується список ідентифікованих реальних ризиків.

4.4.7. Що є другою стадією складання плану *керування ризиками*?

Відповідь: Друга стадія складання плану *управління ризиками* при будь-якій методології — **виставляння пріоритетів ризикам**.

4.4.8. За якою ознакою всі ризики ідентифікуються і впорядковуються?

Відповідь: Встановлюється наскільки істотним може виявитися *вплив кожного ризику на проект*.

4.4.9 Що доцільно робити керівникові для зниження ймовірності звільнення співробітника?

Відповідь: Для зниження ймовірності звільнення співробітника керівникові *варто встановити причини й створити для співробітника більше комфортні умови* (підвищити заробітну плату, створити пільги тощо).

ТЕМА 5. ПЛАН УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ РИЗИКАМИ

5.1. Стадії плану управління ризиками

Перша стадія складання плану *управління ризиками* — *ідентифікація ризиків*. Традиційні підходи, як послідовні, так і консервативні ітераційні, виходять із гіпотези про те, що можна виділити всі ризики. Тобто вказати на всі причини, події і їхні наслідки. Радикальні швидкі методології стверджують, що при рішенні завдання *можливість ризиків зведена до мінімуму, а тому спеціальний аналіз ризиків не потрібно робити*. Однак, у кожному разі невизначеність проекту залишається, і доводиться переборювати ризики. Виходить, їх потрібно враховувати й готуватися до їхнього подолання.

Поділ на причини, дійсне настання й наслідки ризиків — перший крок у такій підготовці. Для його здійснення можна рекомендувати наступну структурну побудову, таблиця 5.1. Її використання повинне допомогти у виявленні реальних ризиків:

Таблиця 5.1 - Структурна побудова поділу на причини, настання й наслідки ризиків

Умова	Дія
У результаті (через) <певна подія>	— замість цього потрібно підставити конкретну причину ризику, який ідентифікують
може трапитися <ризик>	— потрібно підставити найменування ризику
що може привести до <вплив>	— потрібно підставити варіанти того, що може відбутися

Реальні ризики — це ті події, які дійсно характеризуються невизначеністю. Якщо причина детерміновано веде до події, то це не ризик, а штатна ситуація, план подолання якої до *управління ризиками* відношення не має. Отже, *потрібний аналіз зв'язків причин і подій*.

У результаті ідентифікації ризиків формується їх список.

Друга стадія складання плану *управління ризиками* при будь-якій методології — **виставляння пріоритетів** ризикам.

Потрібно визначити порівняльну важливість ризиків для проекту. Встановлюється, наскільки істотним може виявитися **вплив кожного ризику на проект**. Саме за цією ознакою всі ідентифіковані ризики впорядковуються. Після цього оцінюються дві ймовірності: для причини й можливого впливу. Виставляння ймовірностей - операція суб'єктивна, а тому результуюче відсіювання вимагає перевірки.

У результаті виставляння пріоритетів визначаються ризики, які будуть відслідковуватися у проекті. Інші ризики не відслідковуються, але ігноруються обґрунтовано. Реально в проекті можна відстежити **не більше 10-15 ризиків**, а тому потрібно вибрати найбільш істотні з них.

На третій стадії встановлюється можливість **впливу на ризики**, тобто на причини ризиків і на надаваний ними *вплив на виробничі умови*.

5.2. Вплив на технічні ризики

Вплив може здійснюватися на декількох рівнях. Для кожного з ризиків повинні бути визначені впливи, плановані для послідовного виконання на тих рівнях, на яких це можливо:

— **Виключення ризику (avoid)**. Деякі ризиковані ситуації можна виключити повністю. Наприклад, щоб звільнення головного фахівця не сильно позначилося на продовженні розвитку проекту, доцільно із самого початку запропонувати для виконання цієї ролі двох чоловік рівної кваліфікації. На початку проекту їхні дискусії корисні для виробітку об'єктивних рішень. Якщо один з них відмовиться від контракту, другий зможе продовжувати справу. Корисні дискусії — ця та жертва, що у багатьох випадках можлива для *виключення ризику*. На жаль, дублювання не може бути рекомендоване для *виключення* всіх ризикованих ситуацій.

Взагалі, **виключення ризику** здійсненне далеко не завжди, але при плануванні роботи з ризиками для кожного з них варто спробувати знайти варіанти виключення. По своїй суті, цей прийом є подолання виявлених причин виникнення ризику.

Перемикання ризику (transfer). Це окремий випадок *виключення*, коли **ризик переноситься зі сфери впливу проекту на оточення**. Наприклад, якщо ринкова цінність створюваного виробу здається сумнівною, для його розробки комфортніше домовитися із замовником про *авансові платежі*. Це змушує замовника самого вирішувати завдання подолання ризику й звільнивши від цього розроблювачів (можливо, за рахунок зниження оплати проекту). До цього рівня ставляться всі варіанти контрактних угод, але не тільки вони. Оперуючи ризиками, завжди потрібно намагатися *передбачити способи перемикання*.

На жаль, ця стратегія є *виключенням ризику* тільки для розроблювачів, але не для проекту в цілому.

Зменшення ризику (mitigate [‘mitigeit]). Якщо ризик не може бути виключений, можна спробувати *зменшити ймовірність його появи* на практиці (оперування причинами). Продовжуючи приклад зі звільненням співробітника, для зниження ймовірності цього **варто вгадати причини вчинку й постаратися створити для співробітника більше комфортні умови** (підвищити заробітну плату, створити пільги тощо). Потрібно, щоб *подібні рішення робилися не у відповідь на заяву про звільнення, а заздалегідь*. Це збереже певну стабільність у колективі, що сама по собі є методом *зменшення ризику*.

Інший приклад **зменшення ризику** — оголошення (для замовника, керівництва й колективу) про перегляд вимог, коли стає зрозумілим, що графік виконання робіт може бути зірваний. Як і в попередньому випадку, важливим моментом тут є попередження, тобто перегляд вимог не у відповідь на порушення графіка, а як превентивна міра.

Попередження збитків від ризику (accept). Коли не виходить задовільно зменшити ризик, варто **підготуватися до зустрічі з ним**. Тобто, *мінімізувати*

втрати, так щоб знизити ймовірність негативного впливу й зменшити сам вплив (оперування наслідками). Якщо це вдається, то продовження проекту в багатьох випадках виявляється успішним. У прикладі зі звільненням варто якомога швидше знайти заміну даному співробітникові. Природно, час виконання проекту збільшиться (зокрема, тому що нову людину треба вводити в суть справи), але робота буде продовжена. Це так, але при одній умові: на всіх рівнях проектування закладена можливість відділення результатів праці від розроблювачів. Якщо результати персоніфіковані, то труднощі підміни для деяких ролей можуть виявитися непереборними.

5.3. Питання для самоперевірки

5.3.1. Яка перша стадія складання плану *управління ризиками* при будь-якій методології?

Відповідь: Перша стадія складання плану *управління ризиками* при будь-якій методології — *ідентифікація ризиків*.

5.3.2. Який перший крок підготовки до подолання можливих ризикових ситуацій?

Відповідь: Поділ на причини, настання й *наслідки ризиків*.

5.3.3. Наведіть структуру побудови поділу на причини, настання й *наслідки ризиків*

Відповідь: Структурна побудова поділу на причини, настання й *наслідки ризиків*

Умова	Дія
У результаті (через) <певна подія>	— замість цього потрібно підставити конкретну причину ризику, який ідентифікують
може трапитися <ризик>	— потрібно підставити найменування ризику
що може привести до <вплив>	— потрібно підставити варіанти того, що може відбутися

5.3.4. Які події характеризуються як реальні ризики?

Відповідь: **Реальні ризики** — це ті події, які дійсно характеризуються невизначеністю.

5.3.5. В результаті чого формується список ідентифікованих реальних ризиків?

Відповідь: У результаті ідентифікації ризиків формується список ідентифікованих реальних ризиків.

5.3.6. Що є другою стадією складання плану *керування ризиками*?

Відповідь: Друга стадія складання плану *управління ризиками* при будь-якій методології — **виставляння пріоритетів ризикам**.

5.3.7. За якою ознакою всі ризики ідентифікуються і впорядковуються?

Відповідь: Встановлюється наскільки істотним може виявитися *вплив кожного ризику на проект*

5.3.8. Назвіть основні важелі впливу на ризик проекту для його попередження або зменшення негативних наслідків

Відповідь: Основними важелями впливу на ризики є:

- *виключення ризику (avoid);*
- *перемикання ризику (transfer);*
- *зменшення ризику (mitigate);*
- *попередження збитків від ризику (accept).*

ТЕМА 6. ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗБИТКІВ ВІД РИЗИКОВИХ СИТУАЦІЙ

6.1. Планування попередження збитків від ризикових ситуацій

Кроки, спрямовані на *попередження збитку*, плануються для даного проекту заздалегідь. Так, щоб зробити як найшвидшу заміну звільненого співробітника, у керівника проекту повинен бути заздалегідь готовий список осіб, здатних зайняти вакансію. Складовою частиною цього плану є резервування в основному графіку робіт часу, необхідного для введення в курс справи нового виконавця. Прикладами *планування дій у непередбачених ситуаціях* в області техніки можуть служити запасні деталі.

Для всіх ризикових ситуацій планом *управління ризиками* передбачаються заходи подолання причин виникнення ризику — *плановані відгуки на ризики*. Деталізація такого плану може бути різною, вона залежить від відповідальності проекту, його важливості для компанії й замовника, з одного боку, а з іншого боку:

- від ступеня новизни проекту;
- відпрацьованості технології його виконання.

При складанні плану *управління ризиками*, не слід забувати про те, що в результаті ризикової події, а також її *впливу на проект* можлива поява так званих *вторинних ризиків*. Тобто тих, які без цього не могли б виникнути. Їх також варто оцінювати, для них також потрібно передбачати впливи.

Виконавці проекту повинні бути інформовані про можливі ризики й про *план управління* ними. Це створює впевненість в успіху й готує працівників до подолання труднощів. Для керівника проекту при складанні плану найважливіше - *не упустити всі можливі ризикові ситуації*.

Проект із великою часткою новацій — завжди ризиковане підприємство. Із цієї причини для нього план *управління ризиками* є обов'язковим і повинен бути максимально деталізованим у частині обліку:

- невірних рішень;

- помилок в оцінці ситуацій;
- технологічних труднощів;
- тощо.

Багато проектів залежать від зовнішніх чинників у більшій мірі, чим від організації справ і підготовленості виконавців. Аналіз ризиків у такій ситуації має на меті *компенсацію зовнішньої залежності за рахунок внутрішніх ресурсів*. І тут *план управління ризиками* обов'язковий при підготовці проекту, але в порівнянні з попереднім випадком у ньому трохи зміщаються акценти. Так, керівник проекту повинен передбачити дії розробників, коли:

- устаткування поставляються із затримкою;
- виникають перерви у фінансуванні;
- в інших випадках негативного зовнішнього впливу.

У порівнянні з послідовним розвитком орієнтація проекту на *поетапний розвиток* робить його більше *стійким до ризиків*, оскільки робочий продукт кожного етапу планується не тоді, коли контекст його розробки пророчити можна лише загальною, а коли він повністю визначений. Проте *план управління ризиками* доречний і тут. При поетапному розвитку найбільш *важливим є розподіл реалізованих у проекті вимог по етапах* так, щоб мінімізувати ризик проекту в цілому.

6.2. Розподіл ресурсів для подолання ризиків

Складання *плану управління ризиками* впливає на розподіл ресурсів. Воно починається з фіксації й ранжирування всіх можливих ризикових ситуацій і планованих реакцій на них. Визначаються тимчасові витрати й ціна заходів, які планується виконувати у ризиковій ситуації. Таким чином, *план управління ризиками* являє собою:

- перелік ризикових ситуацій із планованими реакціями на них;
- визначення тимчасових витрат на планові реакції попередження ризику;

- доповнення витратних характеристик проекту;
- уточнений план-графік проекту;
- розширену схему фінансових і тимчасових потреб проекту.

При плануванні *управління ризиками* детально розписуються ризикові ситуації початку проекту, у тому числі для першого етапу виконання. ***Грубі оцінки й екстраполяції ризиків наступних періодів коректуються перед кожним етапом.*** Доцільно переглядати *план управління ризиками*, — після виникнення ризикової ситуації і її подолання. Як приклад того, що повинне бути передбачене, можна вказати на перерозподіл ресурсів, спочатку виділених на підтримку заходів у ризикових ситуаціях. Корисно перед корегуванням *планів управління ризиками* у випадку виникнення й подолання ризикованої ситуації провести аналіз ситуації, а саме:

- оцінити ефективність передбачених;
- виконаних і невиконаних заходів;
- зрозуміти, що могло б бути організоване краще;
- перевірити якість попередніх оцінок.

Досвід, отриманий при такому аналізі, застосовується безпосередньо при перегляді плану. Це досить важливо, оскільки ситуації, подібні тій, котра переборена, можуть повторитися в ході подальшого розвитку проекту.

Нижче приводиться перелік основних ситуацій, яких повинен уникати керівник проекту і які він повинен урахувати, готуючи *план управління ризиками*:

- затримку початку проекту, яка ніколи не компенсується;
- якщо план-графік виконується з більшими порушеннями термінів, важко очікувати створення гарного продукту;
- якщо користування виробом складне і не є інтуїтивно зрозумілим і перевищує рівень компетенції споживача виробу, продукт буде погано поширюватися;
- втрачені можливості вимагають додаткових зусиль при їх більше пізній реалізації й збільшують витрати;

- продукт, який не тестовано і не сертифікований знижує репутацію розроблювачів;
- не варто розраховувати на незмінність споживацьких намірів, ніколи не можна знати, що хочеться споживачеві й що насправді йому потрібно.

Як наслідок, необхідно планувати час на переробку того, що на початку проекту здавалося прийнятним.

6.3. Питання для самоперевірки

6.3.1. Що потрібно мати керівнику щоб зробити як найшвидшу і без втрат заміну звільненого співробітника?

Відповідь: Повинен бути заздалегідь готовий список осіб, здатних зайняти вакансію.

6.3.2. Що передбачаються планом *управління ризиками*?

Відповідь: Передбачаються плановані відгуки на можливі ризики.

6.3.3. Що потрібно передбачати керівнику проекту?

Відповідь: Керівник проекту повинен передбачити дії розробників, коли устаткування поставляються із затримкою, коли виникають перерви у фінансуванні, в інших випадках негативного зовнішнього впливу.

6.3.4. Що робить технічний проект більш стійким до ризиків?

Відповідь: Орієнтація проекту на поетапний його плановий розвиток робить його більш стійким до ризиків.

6.3.5. На що впливає складання плану *управління ризиками*?

Відповідь: Складання *плану управління ризиками* впливає на розподіл ресурсів.

6.3.6. З чого починають складання плану *управління ризиками*?

Відповідь: Складання плану управління ризиками починається з фіксації й ранжирування всіх можливих ризикових ситуацій і планованих реакцій на них.

6.3.7. Що визначають при складанні плану управління ризиками?

Відповідь: Визначають тимчасові витрати й ціна заходів, які планується виконувати у ризиковій ситуації.

6.3.8. Чому слід надати детальну увагу при плануванні управління *ризиками*?

Відповідь: При плануванні *управління ризиками* слід надати детальну увагу опису ризикових ситуацій початку проекту, у тому числі для першого етапу виконання

6.3.9. Перелікуйте основні ситуації, які повинен уникати керівник проекту і ураховувати при підготовці плану *управління ризиками*.

Відповідь: Перелік основних ситуацій, яких повинен уникати керівник проекту і які він повинен ураховувати при підготовці плану *управління ризиками*:

- затримка початку проекту ніколи не компенсується;
- якщо план-графік виконується з більшими порушеннями термінів, важко очікувати створення гарного продукту;
- якщо користування виробом складне і не є інтуїтивно зрозумілим і перевищує рівень компетенції споживача виробу, продукт буде погано поширюватися;
- втрачені можливості вимагають додаткових зусиль при їх більше пізній реалізації й збільшують витрати;
- продукт, який не тестовано і не сертифікований знижує репутацію розроблювачів;
- не варто розраховувати на незмінність споживацьких намірів.

ТЕМА 7. СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЕКТУ

7.1. Планування заходів і стратегій управління якістю проекту

Планування заходів і стратегії управління якістю виробу, що розроблюється — традиційна частина підготовчих робіт. Цю роботу виконує або керівник проекту, або відповідальний виконавець. Необхідними кроками для забезпечення якості на всіх стадіях розвитку проекту є:

- затвердження мети проекту, з точки зору якості його виконання;
- визначення критеріїв успіху й досягнення очікуваних результатів;
- перевірка й відстеження якості;
- видалення дефектів;
- визначення загальних показників якості.

План управління якістю — це перелік заходів, які проводяться в контрольних точках життєвого циклу проекту для виміру й оцінки певних показників, які характеризують результати, що досягаються [15, 16].

Звичайно такий план включає:

- мету, досягнення якої задовольняє замовника проекту в цілому:
 - а) зручність використання;
 - б) можливості системи;
 - в) експлуатаційні характеристики;
 - г) тощо;
- задачі, зв'язані якістю продукту, а саме:
 - а) зручна для експлуатації обслуговування і ремонту структура виробу;
 - б) повнота технічної документації;
 - в) відповідність специфікаціям;
 - г) надійність функціонування;
- використання інструментів моніторингу якості:
 - а) які;

б) для чого;

и) як впливають на якість;

- організаційну процедуру пошуку дефектів і їхнього усунення;
- засоби управління якістю:
- угода про опис процесів у вигляді, зручному для зміни й виправлення програм управління;
- порядок відстеження якості;
- специфічні для проекту угоди.

Складання *плану управління якістю* повинно бути погоджене з *методиками тестування й виміру показників проекту*. По суті, таке узгодження визначає відповідь на питання, *як у даному проекті контролюється якість*.

При складанні *плану управління якістю* не можна не враховувати тісний зв'язок цього плану із загальним планом проекту. Так, деякі проектні рішення можуть впливати на критерії якості, і навпаки, те, що для даного проекту висунуті апріорні критерії якості, впливає на перевагу одних рішень іншим і навіть на вибір стратегії реалізації проекту. І хоча конкретизація цього положення неможлива без розгляду особливостей конкретного проекту, варто звернути увагу на ключові загальні моменти, яких варто уникати у зв'язку з піклуванням про якість продукту.

7.2. Карта ризиків

Боротьба з технічними ризиками передбачає усунення можливості виникнення небезпечних подій. Це є направлений і системний обґрунтований вплив на убезпечення можливості виникнення небажаної події. Така направленість сприяє перетворенню проблем в розвиток і успіх технічного проекту в цілому.

Як показав статистичний аналіз [15] тільки 25 % загальної кількості ризиків складають так званні зовнішні ризики:

- нестабільна економічна і політична ситуація;

- проблеми в законодавстві;
- корумпованість чиновників;
- кримінал;
- надійність виробничих зв'язків.

Внутрішні ж ризики, які спостерігаються в середині технічного проекту і виробництва складають 75 %. До внутрішніх ризиків відносять:

- недисциплінованість - порушення трудової дисципліни;
- неформалізованість процесів - порушення адміністративної дисципліни;
- порушення технологічної дисципліни;
- невиконання договірної дисципліни - недотримання суб'єктами правовідносин, обов'язків, що передбачені договорами;
- порушення внутрішніх комунікацій;
- недостатня кваліфікація персоналу;
- не ефективну систему мотивації працівників.

Система мотивації повинна бути замкнена на контрольних точках кожного етапу проекту. Саме в цих точках приймаються відповідальні рішення. Якщо це не зроблено, то ризики, що виникають, можуть привести до провалу всього проекту. Одним з ефективних інструментів для управління ризиками є **карта ризиків**. Приклад фрагменту карти ризиків наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1. Фрагмент карти ризиків

Найменування ризику	Методи попередження/реагування
1	2
Відсутність мотивації на результати проекту.	Розробка схем мотивації за результатами проекту
Відсутність періодичної звітності за проектом, згідно затвердженому регламенту, відсутність постійного поповнення інформаційної бази.	Складання вимог до періодичної звітності з боку споживачів. Розробка форм і регламенту звітності. Мотивація і демотивація за достовірність і своєчасність надання звітності.

Закінчення таблиці 7.1

Відсутність у керівника проекту повноважень і важелів впливу на виконавців проекту	Регламентування документообороту і процесів виконання етапів проекту. Витримування регламентів.
Ризик існування декількох джерел обміну інформацією з Замовником (подвійність і неточність інформації)	Коригування регламенту документообороту і процесів виконання етапів проекту. Періодичне обговорення проміжних результатів виконання проекту. Створення єдиної інформаційної бази проекту.
Чітка фіксація обов'язків адміністраторів і кураторів проекту.	Чітке виконання ролевих інструкцій. Мотивація і демотивація.
Ризик поганих знань умов контракту	Постійне навчання, демотивація.
Відсутність 10 % резерву терміну і бюджету проекту	Обґрунтування 10 % збільшення терміну і бюджету проекту

Вірно оцінити вплив ризиків можливо тільки після того, коли:

- буде уточнено, хто і за що відповідає;
- будуть прописані всі процеси, як технологічні так і бізнесові;
- чітко визначені обов'язки і ролеві інструкції кожного працівника;
- створена систему заохочення всього проекту, а не тільки процесу.

Після встановлення ризиків на кожному з етапів проекту необхідно провести їх ранжирування виходячи з імовірності виникнення кожної ризикової події і можливих збитків. При цьому визначається:

- які найбільш вагомі;
- методи їх попередження;
- витрати на таке реагування у бюджет проекту.

7.3. Типові помилки проектування, щодо якості продукту

У наведеному нижче переліку зазначені деякі типові помилки щодо якості проектування:

7.3.1. Підміна автоматизації діяльності наданням засобів. Ця дуже розповсюджена помилка виконавців. Вона виникає у зв'язку з тим, що при визначенні вимог до виробу фіксується те:

- що потрібно надати споживачу,

але ігнорується питання про те:

- як даний продукт буде введено в його життєдіяльність.

У результаті виконання типових і частих для даної діяльності дій вимагає зусиль з боку користувача, що знижує ефективність продукту.

Щоб уникнути цієї помилки, у *плані управління якістю* варто передбачити:

- час на дослідження діяльності, яка автоматизується;
- можливість її реконструкції (коли автоматизується нова, ще неіснуюча діяльність);
- визначення типових потреб споживача і їхньої послідовності;
- можливість перевірки результативності проведеного дослідження;
- контроль відповідності між фіксованими типовими ситуаціями й реалізованими можливостями споживача діяти в цих ситуаціях.

7.3.2. Ігнорування засобів оточення, які можна використовувати для діяльності, що автоматизується. У ряді випадків засоби найкращого виконання технологічних операцій для підвищення надійності виробу дублюються. У результаті підвищується вартість розробки, а споживачу доводиться освоювати додаткові засоби. **Ергономічні властивості виробу, що не відповідає діяльності, яка автоматизується:** незвичний, складний, неточний тощо. Причина цього недоліку все та ж: прорахунки з дослідженням діяльності, яка автоматизується.

Цей недолік важко піддається виміру. Проте для його подолання в *плані управління якістю* корисно передбачати процедуру порівняння варіантів ергономічних рішень.

7.3.3. Неадекватна реакція системи на помилки споживача виробу. Правильна точка зору на помилки споживача - вважати їх не виключеннями, а звичайними явищами, що виникають при роботі. У цьому випадку можна домогтися в діагностиці відповіді на три питання, що виникають у споживача, коли система фіксує помилку:

– **Що трапилося?** У діагностичному повідомленні причина помилки і її наслідків повинні роз'яснитися на доступному для споживача рівні розуміння, без використання спеціальних термінів.

– **Що можна зробити?** Споживачеві повинна бути надана можливість одержати інформацію про можливі дії, на коректне виконання яких він може розраховувати.

– **Як виправити положення?** Варто дати споживачу можливість одержати відомості про шляху виправлення помилки з уточненням, які втрати його очікують.

Систему, діагностика якої задовольняє зазначеному критерію у всіх помилкових випадках, варто визнати більш якісною. На жаль, і тут важко визначити кількісні показники *якості*.

7.4. Питання для самоперевірки

7.4.1 У чому полягає планування заходів і стратегії *управління якістю* розроблювального виробу?

7.4.2. Які заходи передбачає план управління якістю ?

7.4.3. Назвіть обов'язкову складову плану управління якістю ?

7.4.4. Яку частину загальної кількості ризиків складають зовнішні і внутрішні ризики ?

7.4.5. Що відносять до внутрішніх ризиків ?

7.4.6. Що є ефективним інструментом для управління ризиками ?

7.4.7. Що слід обов'язково визначити і створити при складанні карти ризиків?

7.4.8. Що необхідно провести після встановлення ризиків на кожному з етапів проекту ?

7.4.9. Вкажіть типові помилки проектування, що до якості продукту ?

7.4.10. Які три основні питання виникають у споживача, коли система фіксує помилку?

ТЕМА 8. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ

8.1. Поняття проектний ризик та методи прогнозування ризику

Проектний ризик - це небезпека небажаних відхилень від очікуваних станів у майбутньому, із розрахунку яких приймаються рішення в теперішньому.

Аналіз ризику має два види:

- **якісний**, головним завданням якого є визначення чинників ризику, етапів і роботи, під час виконання яких він виникає. Тобто встановлення потенційних зон ризику, після чого стає можливим ідентифікувати всі можливі ризики;
- **кількісний**, який застосовується для визначення чисельних розмірів окремих ризиків і ризику проекту в цілому. Для цього використовують різні методи аналізу.

Найбільш поширеними є методи:

- аналізу за допомогою бета-коефіцієнта;
- визначення ймовірності результатів;
- аналізу сценаріїв;
- моделювання - метод Монте-Карло;
- аналізу чутливості реагування;
- теорія ігор.

Аналіз ризику за допомогою бета-коефіцієнта (за міру ризику в інвестиційній теорії приймається бета - коефіцієнт). Він виражає "ринкову чутливість" інвестиції або наскільки змінюються доходи від капіталовкладень порівняно зі змінами ринкової ситуації. ($\beta = 1$ означає, що зміни в дохідності точно повторюють зміни в ринковій ситуації. Значення менше за 1 характерне для проектів з низьким рівнем ризику, чия дохідність більш стабільна, ніж ринок; значення більше за 1 свідчить, що доходи від цих проектів схильні до дуже сильного впливу з боку навіть незначних ринкових коливань.

Визначення ймовірності результатів. Використання суб'єктивних ймовірностей надає особі, що приймає рішення, кращу картину можливостей і вибору, ніж методи, що застосовуються на практиці. Оцінка ймовірності того чи іншого результату інвестиційного проекту потребує, щоб особа, яка приймає інвестиційні рішення, могла передбачити якомога більше можливих результатів інвестиційного проекту й оцінити ймовірність настання кожного з можливих варіантів. Типова ситуація, яка відображає найгірші й найкращі можливі варіанти розвитку, може включати такі групи: "песимістичний" варіант, "найбільш можливий" і "оптимістичний".

Рішення, яке має декілька можливих результатів, ризикованим чи невизначеним. Більшість підходів до ризику та невизначеності не тільки передбачають можливі результати рішення, а й імовірність можливості виникнення кожного з цих результатів. Усе це дає змогу визначати ризик та невизначеність, пов'язаних з конкретним рішенням з позиції розподілу ймовірностей результатів.

Аналіз сценаріїв враховує, що деякі змінні є взаємозалежними та їх можна одночасно узгоджено змінювати. За наявності базового варіанта проекту, а також набору найбільш важливих компонентів, зміна яких визначає ризик здійснення проекту, розробляються два додаткових сценарії - "оптимістичний" і "песимістичний". В обидва сценарії закладається реалістичний набір подій. Результати аналізу зводяться в матрицю, аналізується розподіл значень чистої поточної вартості і внутрішньої норми рентабельності проекту.

Метод моделювання є продовженням методу оцінки ймовірностей можливих виходів, який був описаний вище. Метод оцінки ймовірностей містить оцінку тільки одного показника - чистої приведеної вартості, хоча на практиці якомога більша кількість чинників визначає успіх або провал інвестиційного проекту, серед яких можуть бути вартість здійснення проекту, річний дохід від капіталовкладень, норма прибутку, строк, на який розрахований проект, і його ліквідна вартість. Метод моделювання дає змогу

оцінити кожен із цих чинників з погляду його впливу на рівень ризику проекту. Під час використання методу моделювання (відомого також як "метод Монте-Карло") необхідно:

- визначити ключові зміни інвестиційного проекту;
- виявити всі можливі значення, яких можуть набувати ці зміни;
- визначити ймовірність виникнення кожного значення;
- побудувати модель за допомогою комп'ютера.

Комп'ютер вибирає значення для кожної з усіх ключових змінних на базі ймовірності виникнення того чи іншого значення. Використовуючи ці значення, машина обчислює чисту приведену вартість проекту. Після великої кількості ітерацій (циклів підрахунків) отримуємо найбільш імовірну чисту поточну вартість та розподіл усіх можливих її варіантів із зазначенням ймовірності їх наступу, що дає змогу оцінити ризик, пов'язаний зі здійсненням цього проекту.

Аналіз чутливості реагування. Цей метод дуже схожий на метод моделювання, але не такий складний і глибокий. Мета аналізу чутливості - виявити найважливіші чинники, так звані критичні змінні, здатні вплинути на проект, і перевірити вплив послідовних (одиничних) змін цих чинників на результати проекту.

Чинники, що варіюють у процесі аналізу чутливості, класифікують так:

- які впливають на обсяг доходів проекту;
- які впливають на обсяг проектних витрат.

Цей метод має подвійну цінність для оцінки капіталовкладень і дає змогу виокремити:

- змінні, які мають найбільший вплив на результат інвестиційного проекту, і значення яких мають бути визначені з максимальною точністю;
- проект із високим ступенем ризику, обумовленим великими змінами (або невизначеністю) однієї або декількох ключових змінних, а також розрахувати "очікувану" поточну вартість цих проектів.

Аналіз чутливості також корисний як "попередник" моделювання, щоб оцінкам тих змінних, від яких значною мірою залежить успіх проекту, була приділена увага під час будування моделі. Труднощі під час застосування аналізу чутливості виникають, коли ключові змінні поєднуються. Частково проблему можна вирішити шляхом зведення усіх взаємно поєднуваних змінних до однієї, яка відображала б зв'язок цих змінних.

Теорія ігор може бути корисною там, де важко або неможливо визначити ймовірності настання тих чи інших подій. Теорія ігор є консервативним підходом, спрямованим на мінімізацію втрат або "співчуття" від прийняття неправильних інвестиційних рішень. Незважаючи на те, що за цим підходом не можна визначити найкраще інвестиційне рішення, він пропонує шляхи виключення найбільш ризикових варіантів.

Один із під методів теорії ігор - "мінімізація максимально можливих втрат" - допомагає обрати кращий з усіх можливих виходів, які можуть виникнути, тобто захищає від поганих варіантів. *Другий під метод - "мінімізація співчуття", або "мінімізація максимально можливих альтернативних витрат"*, застосовується для зменшення альтернативних витрат під час прийняття інвестиційних рішень.

8.2. Види зв'язків проекту

Зв'язки в проекті підрозділяються на **зовнішні** (залежність проекту від поставок, фінансування, використовуваних розробок тощо) і **внутрішні** (залежність робочих продуктів проекту одне від одного).

Обидва види зв'язків є відповідальністю керівника проекту і керівництва фірми. Завдання керівника проекту в області **відстеження зв'язків** — вказівка на реально існуючі залежності й використання їх для спрямованого розвитку проекту, своєчасна нейтралізація небажаних впливів і впливів. Для її рішення необхідно повно уявляти собі взаємозв'язок процесів проекту, що розвивається.

Найбільш простими з погляду відстеження є *зовнішні зв'язки*. Вони досить повно визначаються в ході розподілу ресурсів проекту. Щоб якісно відслідковувати їх, досить явно фіксувати зв'язки, відбиваючи їх документально як матеріали, що супроводжують плану-графікові проекту.

У більшості випадків керівник проекту не в змозі впливати на матеріальні й інформаційні потоки *зовнішніх зв'язків* проекту. Це означає, що для критичних ситуацій залежності від *зовнішніх зв'язків* керівник проекту повинен передбачати альтернативні шляхи розвитку проекту. Так, якщо необхідні поставки запізнюються, це не повинне стати несподіванкою для керівник проекту. Його діяльність полягає в тому, щоб не допустити простою виконавців, запропонувавши їм потрібну роботу, що може виконуватися в поточних умовах. Ідентифікація подібних ситуацій повинна бути забезпечена заздалегідь, щоб відповідних мір приводили до прийнятних результатів.

У план роботи із *зовнішніми зв'язками*, що становить керівник проекту при підготовці до початку проекту, варто включити всі критичні ситуації й можливі альтернативні дії для колективу (посилання на них). Обов'язковим у цьому плані є перелік робіт, які відкладаються або зриваються в критичній ситуації. Реально відомості про роботи, що відкладаються й альтернативні роботи можна вказати точно тільки після розробки плану етапів робіт. План роботи із *зовнішніми зв'язками* керівник проекту коректує щоразу, коли виникає критична ситуація, а також перед початком наступного етапу робіт проекту.

8.3. Типи внутрішніх проектних зв'язків

Внутрішні проектні зв'язки можна типізувати в такий спосіб:

- використання загальних поділюваних ресурсів;
- зв'язки за результатами, одержуваним у ході розвитку проекту;
- інші залежності робіт: відбиті в плані-графіку примусово (до них, наприклад, можна віднести вказівка залежності, обумовленої тим, що дві

фактично незв'язані роботи виконуються одним виконавцем послідовно), конвеєрно виконувані роботи тощо.

Це зв'язки робочих продуктів проектування. Варто підрозділяти їх на діючі в межах виконання одного етапу робіт й зв'язки, що поширюються між етапами. Зв'язки, що відбиті в плані-графіку, визначають послідовність робіт. Поряд зі зв'язками за результатами вони використовуються, коли потрібно простежити зміни (постановок завдань, коригування задач тощо) для якої-небудь проектної діяльності: на що впливають такі зміни, які додаткові операції варто виконати через ці зміни (наприклад, повторне тестування), персоналії, яких стосуються ці зміни.

Зв'язки робочих продуктів за результатами, як і зв'язки двох інших типів, відбивають процес проектування, але, крім того, більшою мірою вони характеризують залежності між документами, залежності між програмним продуктом, залежності між програмами й документами, які встановлюються в ході проектної діяльності й фіксуються. Ці зв'язки не можуть бути усунуті при завершенні етапу. Вони використовуються для навігації по проектних матеріалах.

Зв'язки в рамках одного етапу проектування більше рухливі. Може здатися, що для невеликих проектів вони не мають потреби в документуванні. Однак якщо в ході виконання наступних етапів з'ясується, що поширення змін стосується раніше виконаних етапів проекту, то проконтролювати необхідні дії при фіксованих зв'язках буде легше. Фіксація зв'язків представляється бажаною до рівня деталізації, що піддається швидкому індивідуальному розпізнаванню.

8.4. Документальна фіксація зв'язків проекту

Крім контролю над змінами, є ще одна причина, по якій доцільно вести документ, що явно фіксує зв'язки проекту. Це необхідність навчання персоналу. Навчання потрібно для підключення нового виконавця до роботи, початої

раніше, для відновлення стану справ відкладеної роботи, для передачі досвіду даного проекту, тобто для пере використання проектних робочих продуктів.

Не дуже давно на ефективність явного опису зв'язків звертали мало уваги. Більшість залежностей фіксувалося лише в головними фахівцями по напрямках проекту, залишаючись поза компетенцією інших виконавців проекту. Практика показує нерациональність такого положення справ. Документальна фіксація зв'язків дуже допомагає організаційно: з її допомогою поширення змін стає цілком технологічною процедурою, а вивчення матеріалів проекту - індивідуальною діяльністю, що не відволікає інших розроблювачів для консультацій.

Методика опису зв'язків проекту, яку вибирає керівник проекту у період підготовки, може бути різна. Важливо тільки, щоб вона досягала зазначених вище задач і не була надмірно деталізованою: описувати потрібно тільки корисні зв'язки. Так, немає необхідності відслідковувати взаємну залежність компонентів, що допускають лише погоджені зміни, у тих випадках, коли можна виділити первинний компонент, від якого залежать інші, вторинні компоненти. Зворотні залежності в цьому випадку надлишкові, якщо зміна вторинних компонентів можливо тільки тоді, коли міняється первинний компонент.

8.5. Граф зв'язків

При виборі методики опису зв'язків необхідно керуватися **графом зв'язків**, що складається в ході проектування, компонентів. Вершини графа - це позначення компонентів, а спрямовані дуги відтворюють конкретні залежності. Для кожної дуги такого графа вказується інформація, яка описує залежність так як це необхідно для конкретного проекту. Нижче приводиться перелік атрибутів залежності:

– **короткий опис залежності**: позначення, що включає пари компонентів-джерело залежності й залежний компонент;

– **повне пояснення залежності:** пояснювальний текст;

– **тип залежності:** використовує результати, має загальні ресурси;

– **види залежності:**

а) визначає появу компонента: залежний компонент виникає після розробки компонента-джерела (наприклад: створення й затвердження специфікації потрібно здійснити до моменту виготовлення модуля);

б) очікує результату: який, коли - планова й критична дати;

в) очікує закінчення: коли - планова й критична дати;

г) залежність постійно існує;

д) залежність існує в межах одного етапу;

е) залежність охоплює різні етапи (вказати, які);

– **поточний статус залежності:**

а) спокійна: не вимагає реакції розроблювачів, оскільки немає підстав для виникнення ризикованих ситуацій;

б) активна: вимагає реакції на певний термін (планова дата, коли планується виконання реакції й критична дата, коли реакція повинна бути виконана обов'язково);

в) критична: вимагає негайної реакції;

– **відповідальний за компонент-джерело й за залежний компонент:** виконавці з колективу розроблювачів і їхньої ролі;

– **історія відстеження залежності:** протокол звертання до зв'язку, що містить відомості про те, коли і як використовувалася, які порушення виявлялися, коли, як і на яких тестах перевірялася.

Як і які зв'язки відслідковуються, зважається на рівнях методології проектування. Звичайно вони пропонують рецепти мінімізації зв'язків, що добре працюють у своїх областях застосування. І вибираючи підхід до ведення проекту на рівні концепцій, варто прислухатися до таких рекомендацій, зробити їхнім стандартом проекту й зафіксувати це документально. Природно, методичні рекомендації повинні бути адаптовані до специфіки проекту,

скоректовані з урахуванням масштабів проекту, прогнозованої його тривалості й інших умов виконання.

Розробка плану керування зв'язками не може вестися ізольовано. Треба усвідомлювати, що й цей план, і плани *керування ризиками* і *якістю* не є самоціллю, а служать лише для збереження траєкторії розвитку проекту в межах області допустимості. Іншими словами, цієї й іншої складової *концептуальної бази проекту* потрібно розглядати як методи проектної діяльності в цілому, регламентуючий основний засіб керування проектної діяльності в цілому: загальний план проекту.

8.6. Питання для самоперевірки

8.6.1. Визначить поняття проектний ризик

Відповідь: Проектний ризик - це небезпека небажаних відхилень від очікуваних станів у майбутньому, із розрахунку яких приймаються рішення в теперішньому.

8.6.2. Які є види аналізу ризику?

Відповідь: Аналіз ризику має два види:

- **якісний**, головним завданням якого є визначення чинників ризику, етапів і роботи, під час виконання яких він виникає. Тобто встановлення потенційних зон ризику, після чого стає можливим ідентифікувати всі можливі ризики;
- **кількісний**, який застосовується для визначення чисельних розмірів окремих ризиків і ризику проекту в цілому.

8.6.3. Назвіть найпоширеніші методи аналізу ризику.

Відповідь: Найбільш поширеними є методи:

- аналізу за допомогою бета-коефіцієнта;
- визначення ймовірності результатів;
- аналізу сценаріїв;
- моделювання - метод Монте-Карло;

- аналізу чутливості реагування;
- Теорія ігор.

8.6.4. Поясніть особливості аналіз ризику за допомогою бета-коефіцієнта

Відповідь: Аналіз ризику за допомогою бета-коефіцієнта (за міру ризику в інвестиційній теорії приймається бета - коефіцієнт). Він виражає "ринкову чутливість" інвестиції або наскільки змінюються доходи від капіталовкладень порівняно зі змінами ринкової ситуації.

8.6.5. Назвіть групи можливих варіантів розвитку технічного проекту.

Відповідь: Можливі варіанти розвитку, може включати такі групи: "песимістичний" варіант, "найбільш можливий" і "оптимістичний".

8.6.6. Яке рішення називають ризикованим чи невизначеним.

Відповідь: Рішення, яке має декілька можливих результатів, ризикованим чи невизначеним.

8.6.7. Що вміщує аналіз сценаріїв і скільки їх повинно бути складено для кожного проекту?

Відповідь: Аналіз сценаріїв враховує реалістичний набір подій. Розробляються два додаткових сценарії - "оптимістичний" і "песимістичний"

8.6.8. Чим відображаються результати аналізу сценаріїв и що там аналізується?

Відповідь: Результати аналізу зводяться в матрицю, аналізується розподіл значень чистої поточної вартості і внутрішньої норми рентабельності проекту.

8.6.9. Що містить метод моделювання і оцінки ймовірності?

Відповідь: Метод оцінки ймовірностей містить оцінку тільки одного показника - чистої приведеної вартості, хоча на практиці якомога більша кількість чинників визначає успіх або провал інвестиційного проекту.

8.6.10. При використанні методу моделювання (відомого також як "метод Монте-Карло") що необхідно визначити і побудувати для успішного виконання інвестиційного проекту?

Відповідь: Під час використання методу моделювання (відомого також як "метод Монте-Карло") необхідно:

- визначити ключові зміни інвестиційного проекту;
- виявити всі можливі значення, яких можуть набувати ці зміни;
- визначити ймовірність виникнення кожного значення;
- побудувати модель за допомогою комп'ютера.

8.6.11. Сформулюйте мету методу *Аналіз чутливості реагування* технічного проекту.

Відповідь: Мета аналізу чутливості - виявити найважливіші чинники, так звані критичні змінні, здатні вплинути на проект, і перевірити вплив послідовних (одиничних) змін цих чинників на результати проекту.

8.6.12. Вкажіть чинники що варіюють у процесі аналізу чутливості реагування.

Відповідь: Чинники, що варіюють у процесі аналізу чутливості, класифікують так:

- які впливають на обсяг доходів проекту;
- які впливають на обсяг проектних витрат.

8.6.13. Де в теорії ризиків може бути використана Теорія ігор?

Відповідь: Теорія ігор може бути корисною там, де важко або неможливо визначити ймовірності настання тих чи інших подій.

8.6.14. На які види підрозділяються зв'язки проекту?

Відповідь: Зв'язки в проекті підрозділяються на *зовнішні* (залежність проекту від поставок, фінансування, використовуваних розробок тощо) і *внутрішні* (залежність робочих продуктів проекту одне від одного).

8.6.15. Чи може керівник проекту впливати на матеріальні й інформаційні потоки зовнішніх зв'язків проекту?

Відповідь: керівник проекту не в змозі впливати на матеріальні й інформаційні потоки *зовнішніх зв'язків* проекту.

8.6.16. Які альтернативні шляхи розвитку проекту слід передбачати керівникові проекту?

Відповідь: Керівник проекту слід і не допускати простою виконавців, запропонувавши їм потрібну роботу, діяти за раніше складеним планом критичні ситуації.

8.6.17. Чим слід керуватися при виборі методики опису зв'язків проекту?

Відповідь: При виборі методики опису зв'язків необхідно керуватися графом зв'язків, що складається в ході проектування, компонентів.

8.6.18. На що вказують вершини і дуги графа графом зв'язків?

Відповідь: Вершини графа - це позначення компонентів, а спрямовані дуги відтворюють конкретні залежності. Для кожної дуги такого графа вказується інформація, яка описує залежність так як це необхідно для конкретного проекту.

ТЕМА 9. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ ТЕХНІЧНИХ ПРОЕКТІВ

9.1. Кількісний аналіз ризиків

Аналіз ризиків - процедури визначення і оцінки небезпеки появи джерел ризику [15].

Ризик кількісно характеризується оцінкою ймовірної, тобто очікуваної, ефективності інноваційного проекту при максимальній та мінімальній величині результатів його реалізації (дохід). Очікуване значення ефективності проекту - це добуток абсолютного значення показника ефективності при i -му результаті (абсолютної величини дохідності) і ймовірності отримання того чи іншого результату (досліджуваний рівень ймовірності) [16]:

$$\bar{A} = \sum A_i \cdot P_i, \quad (9.1)$$

де $\bar{A}$ - очікуване значення відповідного показника ефективності проекту;

A_i - абсолютне значення показника ефективності при i -му результаті;

P_i - ймовірність отримання i -го результату.

Для кількісної оцінки ризику як міри невизначеності доцільно встановити характер розподілу значень дохідності та розрахувати середньоквадратичне відхилення від середньої дохідності і коефіцієнт варіації.

Як відомо з математичної статистики середньоквадратичне відхилення σ - це абсолютна міра ризику.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2 \cdot P_i}. \quad (9.2)$$

Чим вище середнє квадратичне відхилення, тим вищий ризик проекту.

Відносною мірою ризику є коефіцієнт варіації (K_B), величина якого прямо пропорційно залежить від ризикованості проекту:

$$K_B = \sigma / \bar{A}. \quad (9.3)$$

Для оцінки ризику проекту широко застосовуються рівень діапазону безпеки, розрахунок якого на основі *точки беззбитковості* характеризує стійкість проекту в умовах ймовірних змін його реалізації.

Наступними етапами в оцінці ризику проекту є :

- аналіз чутливості проекту;
- аналіз сценаріїв розвитку проекту

9.2. Аналіз чутливості проекту

Аналіз чутливості проекту полягає в оцінці впливу чинників інвестиційного проекту на зміну результативних показників. Цей вид аналізу дозволяє визначити, так звані, критичні змінні (чинники), які суттєво впливають на здійсненність та ефективність проекту, та щодо котрих розробник проекту немає однозначного судження. Такими типовими чинниками є:

- обсяг реалізації продукції;
- собівартість і планована ціна одиниці продукції;
- інвестиційні витрати або їх складові;
- операційні витрати та їх складові;
- термін затримки платежів на виконання проекту;
- рівень інфляції на період реалізації проекту;
- відсотки по позиках або кредитні відсотки;
- ставка можливого дисконту при реалізації продукту.

При відносному аналізі чутливості вивчається відносний вплив досліджуваних чинників (при їх зміні на фіксовану величину, наприклад, $\pm 5\%$

та $\pm 10\%$) на результативні показники проекту. На основі такого аналізу виявляється критичні чинники проекту та розробляється комплекс заходів для запобігання їх негативному впливу. Зміни цих чинників повинні контролюватись в першу чергу.

Абсолютний аналіз чутливості передбачає визначення числового значення відхилення результативних показників, зумовленого зміною початкових параметрів змінних величин.

Результати аналізу чутливості узагальнюються в табличній або графічній формі.

9.3 Аналіз сценаріїв розвитку проекту

Для згаданих варіантів розвитку розраховуються середні значення результативних показників (з врахуванням ймовірності здійснення кожного сценарію) та визначається розмах їх варіації або середньоквадратичне відхилення. Із двох порівнюваних проектів більш ризикованим є той, в якого розмах варіації критеріального показника більший, або більше значення середньоквадратичного відхилення.

Результати аналізу зводяться в матрицю, за якою аналізується:

- розподіл значень чистої поточної вартості;
- внутрішня норма рентабельності проекту.

Недоліком аналізу сценаріїв розвитку проекту є те, що він враховує тільки декілька значень результативних показників проекту, хоча в реальності їх може бути набагато більше. Ось чому застосування імітаційного моделювання створює додаткові можливості аналізу створення нескінченної кількості випадкових сценаріїв.

9.4. Метод імітаційного моделювання

Метод моделювання (відомий також як "метод Монте-Карло") є продовженням методу оцінки ймовірностей можливих виходів, який був описаний вище [17].

Моделювання Монте-Карло називається так тому, що цей тип аналізу виник при математичному дослідженні гри в казино. Він поєднує чутливість реагування та ймовірність розподілу вхідної змінної величини. В основі моделі може лежати будь-який розподіл ймовірностей випадкових величин або інша функціональна залежність. Вказана специфіка, в порівнянні з покроковим характером моделювання, визначає гнучкість та достатньо високу універсальність даного методу. Однак таке моделювання потребує комп'ютерного забезпечення. Аналіз сценарію можливо провести, використовуючи ПК з програмою електронних таблиць або навіть застосовуючи калькулятор.

Головна мета моделювання - наблизити гіпотетичні ситуації до реальних. Оскільки справжні майбутні грошові потоки або ставки дисконту невідомі, грошовим потокам і дисконтним ставкам надаються різні припустимі значення, а потім розглядаються результати. Ці випадки, що базуються на припущенні, називаються імітованими подіями. Імітовані події в оцінці доцільності інвестицій використовуються для дослідження Чистої теперішньої вартості проекту — Net Present Value (NPV) і Внутрішньої норми рентабельності — Internal Rate of Return (IRR) проектів з різними грошовими потоками.

В аналізі моделювання програма починає наздогад вибирати значення для кожної змінної - ціна продажу, його обсяг, змінні витрати на одиницю продукції, тощо. Потім ці значення з'єднуються і розраховується NPV проекту та записується у пам'яті комп'ютера. Далі відбирається наздогад інший набір вхідних даних і розраховується відповідне значення NPV. Цей процес може повторюватись тисячі разів і мати тисячу значень NPV.

В класичному варіанті оцінка VaR методом імітаційного моделювання здійснюється наступним чином [18, 19].

На першому та другому етапах визначається вихідний ряд показників та здійснюється перехід до ряду відносних значень величини, що розглядається, аналогічно описаним вище історичному та параметричному методам.

Третім етапом є визначення форми та параметрів розподілу (функціональної залежності) для ряду, що розглядається.

Четвертим етапом є безпосереднє моделювання ряду змін, що розподілений у відповідності з отриманими параметрами.

За результатами моделювання визначаються:

- середня очікувана зміна;
- найгірша в рамках встановленого довірчого рівня очікувана зміна по напрямленню, що відповідає позиції, яка аналізується;
- VaR - оцінка ризику як абсолютне значення різниці вказаних величин. При цьому моделювання здійснюється як для окремих інструментів, так і сумісно для всіх елементів портфеля. Моделювання може здійснюватися як на один день, так і на більший проміжок часу.

Метод імітаційного моделювання Монте-Карло представляє собою синтез методів аналізу чутливості та аналізу сценаріїв на базі теорії ймовірності.

При застосуванні методу Монте-Карло необхідно:

- визначити ключові змінні інвестиційного проекту;
- визначити всі можливі значення відібраних основних змінних;
- визначити ймовірність виникнення кожного значення;
- побудувати модель.

Комп'ютер довільно вибирає значення для кожної із всіх основних змінних з урахуванням ймовірності їх виникнення. Використовуючи ці вибрані значення, розраховується **Чиста поточна вартість - Net present value (NPV)** проекту. Після великої кількості ітерацій (циклів розрахунків) отримуємо найбільш ймовірну NPV та розподіл всіх її можливих значень зі вказівкою

ймовірності їх настання, що дозволяє оцінити ризик, зумовлений реалізацією даного інвестиційного проекту.

При проведенні моделювання слід берегтися взаємозалежних змінних (в модель не рекомендується включати чинники, коефіцієнт парної кореляції яких досить високий).

Кінцевий етап цього методу аналізу полягає в обробці та інтерпретації отриманих результатів. Якщо кількість варіантів розрахунків кожного значення NPV дорівнює $n=5000$, то ймовірність одного варіанту цієї події складає:

$$P = 100/n = 100/5000=0,02,$$

де P - імовірність настання події, %;

n - кількість варіантів розрахунків NPV.

В якості міри ризику в інвестиційному проектуванні доцільно використовувати ймовірність отримання від'ємних значень NPV. Ця ймовірність оцінюється як відношення кількості результатів з від'ємним NPV до загальної кількості отриманих результатів у відсотках.

Якщо з $n = 5000$ варіантів від'ємне значення NPV було отримано $N = 3454$ рази, то міра ризику складає:

$$R = (N/n) * 100 = (3454/5000) * 100 \% = 69,1 \ \%.$$

Переваги методу імітаційного моделювання:

- можливість розрахунку ризиків для нелінійних інструментів;
- можливість використання будь-яких розподілів;
- можливість моделювання складної поведінки ринків - трендів, кластерів високої або низької волатильності, зміни кореляцій між чинниками ризику, сценаріїв «що-якщо» тощо;
- можливість подальшого, практично нічим не обмеженого розвитку моделей.

Недоліки метода імітаційного моделювання:

- складність реалізації;
- вимагає потужних обчислювальних ресурсів;
- при найпростіших реалізаціях може виявитися близьким або до історичного або до параметричного методу оцінки VaR, що призведе до появи недоліків;
- імовірність значних помилок в моделях;
- складність для розуміння топ-менеджментом.

9.5. Моделювання ризику методом Монте-Карло

Застосування методу статистичних випробувань для обчислення площі кола заданого радіусу. Дане завдання відноситься до класу детермінованих, оскільки складно уявити собі випадкові фактори, під впливом яких площа нерухомої геометричної фігури могла б змінюватися.

Рішення задачі

Нехай коло має радіус $r=5$, і його центр знаходиться в точці з координатами $(1, 2)$. Рівняння відповідного кола має вигляд:

$$(x-1)^2+(y-2)^2=25.$$

Для вирішення завдання методом Монте-Карло впишемо коло у квадрат. Його вершини матимуть координати $(-4,-3)$, $(6,-3)$, $(-4,7)$ і $(6,7)$. Будь-яка точка всередині квадрата або на його межі повинна задовольняти нерівностям $(-4 < x < 6)$ і $(-3 < y < 7)$. Всі точки в цьому квадраті можуть з'являтися з однаковою імовірністю, тобто x і y розподілені рівномірно з густиною імовірності:

$$f(x) = \begin{cases} 1/10 & \text{для } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases},$$
$$f(y) = \begin{cases} 1/10 & \text{для } 3 \leq y \leq 7 \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}.$$

Провівши деяку кількість випробувань (тобто отримавши множину випадкових точок, що належать квадрату), підрахуємо число точок, що потрапили всередину або на коло. Якщо вибірка складається із n спостережень

і m точок потрапили всередину або на коло, то оцінку площі кола отримують із співвідношення:

$$S_k = S_{kv} \cdot m/n = 100 \cdot m/n .$$

У таблиці 9.1 наведені оцінки S_k , отримані для різних значень n , причому для кожного виконувалося 5 прогонів (точне значення $S_k = 78,54$ см):

Таблиця 9.1 - Результати оцінки площі круга методом статистичних випробувань

Номер прогону	Оцінка площі кола S_k				
	100	200	1000	5000	10000
1	78	79,5	78	79,5	78,2
2	70	77	79	77,88	78,8
3	81	77,3	80,2	79,5	79,1
4	70	79,12	79,29	78,22	78,6
5	79	77,72	77,76	79	78,26
Середнє	75,6	78,3	78,85	78,23	78,59
Дисперсія	21,84	0,9982	0,789	0,44	0,11

9.6. Питання для самоперевірки

9.6.1. Дайте визначення для поняття «очікуване значення доходності проекту».

9.6.2. Поясніть значення поняття «відносна міра ризику проекту».

9.6.3. Що характеризує точка беззбитковості при оцінці ризику проекту ?

9.6.4. Назвіть етапи оцінки ризику проекту

9.6.5 Визначте типові чинники аналізу чутливості проекту

9.6.6. Що визначається при аналізі чутливості проекту?

9.6.7. Для чого використовується аналіз сценаріїв розвитку проекту?

9.6.8. Що необхідно розрахувати при аналізі сценаріїв розвитку проекту?

9.6.9. Що необхідно визначати при використанні метода імітаційного моделювання Монте-Карло

9.6.10. Що дозволяє оцінити ризик, зумовлений реалізацією даного інвестиційного проекту?

9.6.11. Чого потрібно боятися при використанні методів моделювання аналізу ризиків проекту?

ТЕМА 10. ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДІВ ОЦІНКИ РИЗИКУ

10.1. Актуальність управління та оцінки ризиків

Успіх технічного проекту залежить від правильності й обґрунтованості прийняття рішень на всіх рівнях господарювання, що у свою чергу неможливе без урахування ризику [20, 21]. Інженерному персоналу сучасних підприємств потрібно вміти аналізувати ризик, оцінювати його ступінь і не виходити за допустимі межі. Тобто, інженер повинен не уникати ризику, а передбачати його, прагнучи знизити до якомога нижчого рівня. Водночас, навіть, за найсумліннішої роботи персоналу, в якій враховані всі або майже всі несприятливі події, повністю уникнути ризику неможливо. У зв'язку з цим задача оцінки і управління ризиком набуває своєї актуальності.

Існує багато підходів до оцінки та управління ризиком, серед яких є такі, що вже є «класикою» і такі, що є «новачками». Одним з таких «новачків» є метод Value-At-Risk (VaR), що був розроблений у 80-90-их роках [18, 22]. Особливістю VaR є те, що він представляє собою не єдиний показник, а цілий методологічний комплекс, що надає широкий спектр можливостей, в тому числі й по оцінці ризиків в умовах трансформаційної, перехідної економіки. Зокрема, в умовах українського сьогодення моделі, які використовують методологію VaR представляються ефективним та перспективним інструментом управління ризиками.

Value at Risk (VaR) - Сума під ризиком — найпростіша міра ризику, що використовується у страхуванні, фінансах, банківській і інвестиційній сфері. Вона набула широкого вжитку з середини 90-х рр. XX століття для кількісного виміру ринкового ризику. Методика вперше рекомендована Групою Тридцяти (The Global Derivatives Study Group, G30) в 1993 г. в дослідженні «Derivatives: Practices and Principles». В цьому ж році Європейська Рада в директиві "ЕЕС 6-93" рекомендував фінансовим установам використовувати встановлення

резервів капіталу для покриття ринкових ризиків з використанням моделей VaR.

В 1994 р. The bank of International Settlements рекомендував банкам розкриття своїх значень VaR. В 1995 р. Базельський комітет з нагляду за банками запропонував банкам використовувати власні моделі оцінки VAR як основу для розрахунків величини капіталу, що резервується з метою покриття потенційних збитків, які можуть виникнути в результаті несприятливої кон'юнктури фінансового ринку. В 1996 р. організації по регулюванню банківської діяльності США схвалили пропозицію Базельського комітету.

Ідея методу полягає в тому, щоб побудувати верхню оцінку капіталу, який може бути втрачений у результаті несприятливого збігу обставин. Тобто мова йде про капітал, який буде втрачений в «найгіршому» випадку. При цьому вибирають деякий рівень імовірності α , оцінюють капітал, який може бути загублений із цією ймовірністю. Звичайно вибирається $\alpha = 0,05$. Можна сказати, що Var — верхня границя довірчого напівінтервалу рівня α суми, яка може бути втрачена. Таким чином, Var являє собою квантиль рівня α функції розподілу втрат (рис. 10.1).

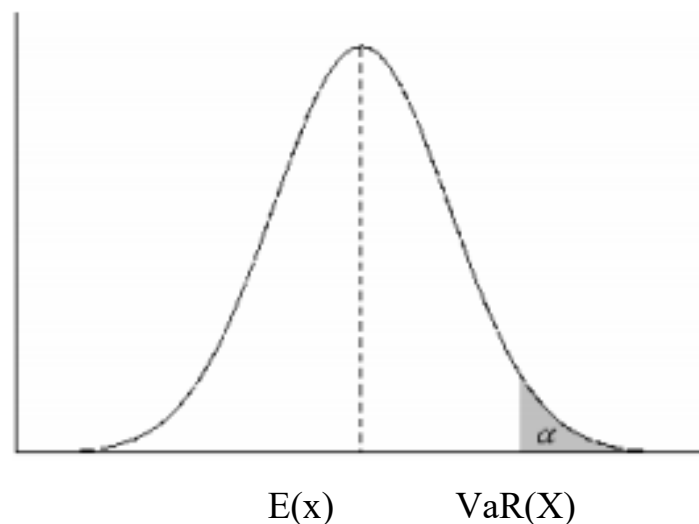


Рисунок 10.1. Value at Risk (VaR). Сума під ризиком при нормальній щільності їх розподілення

Якщо втрати розподілені нормально з математичним очікуванням $E(X)$ і дисперсією $\sigma(X)$:

$$VaR_{\alpha}(X) = E(X) + F^{-1}(1 - \alpha) \cdot \sigma(X)$$

де $F^{-1}(1 - \alpha)$ — квантиль стандартного нормального розподілення рівня $(1 - \alpha)$.

Квантиль - одна з характеристик випадкових величин. Якщо функція X розподілення випадкової величини безперервна, то квантиль K_p порядку p визначається як таке число, для якого ймовірність нерівності $X < K_p$ дорівнює p . З визначення квантиля виходить, що ймовірність нерівності $K_p < X < K_{p'}$ дорівнює $p' - p$. Квантиль $K_{1/2}$ є медіана випадкової величини X . Квантилі $K_{1/4}$ і $K_{3/4}$ називають **квартілями**, а $K_{0.1}, K_{0.2}, \dots, K_{0.9}$ - **децилями** [20, 23].

Помітимо, що отриманий критерій часто використовується самостійно, безвідносно до функцій розподілу й довірчим інтервалам::

$$R(X) = E(X) + \beta \cdot \sigma(X)$$

де $E(X)$ - математичним очікуванням;

$\sigma(X)$ - дисперсія;

$\beta > 0$ — деякий коефіцієнт (іноді він називається «коефіцієнтом песимізму»), що обирається дослідником стосовно до умов завдання.

Якщо міркувати не про збитки, а про доходи, то можна визначити аналогічний критерій. У цьому випадку Var визначається як розмір доходу в найгіршому випадку.

Розглянемо питання про те, на підставі яких методів можна визначити закони розподілу у випадкових величин, що описують наслідки прийнятого розв'язку. Велике значення при цьому має центральна гранична теорема теорії ймовірностей (теорема Ляпунова), що показує, що розподіл багатьох величин, що залежать від випадку, мало відрізняється від нормального закону розподілу. Це буває, зокрема, тоді, коли відповідний випадковий механізм приводиться в дію більшим числом більш-менш незалежних випадкових чинників, що накладаються один на одного. Практичний висновок, що випливає з цієї теореми, полягає в наступному: якщо закон розподілу даної конкретної випадкової величини невідомий, то для одержання попередніх, середніх

характеристик даної величини можна вважати, що вона має нормальний закон розподілу. Іншими словами, на практиці можна вважати будь-яку величину нормально розподіленою доти, поки немає достатніх підстав уважати, що дана величина має інший закон розподілу. [20, 23].

Нормально розподілена величина X характеризується наступною функцією розподілення:

$$F(X) = 0,5 + \Phi\left(\frac{x - \alpha}{\sigma}\right)$$

де $\Phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$ - функція Лапласа;

α - математичне очікування величини X ;

σ - середнє квадратичне відхилення, α .

Це означає, що про нормально розподілену величину будемо знати, якщо будуть відомі тільки лише два її параметри — математичне очікування й дисперсія. Одним з найпростіших методів визначення параметра σ нормального закону є «правило трьох сигм»: **якщо випадкова величина розподілена нормально, то абсолютна величина її відхилення від математичного очікування не перевершує потроєного середнього квадратичного відхилення.** [20, 23].

Таким чином, якщо зробити припущення, що величина X має нормальний закон розподілу й спостережуваний її діапазон (дані спостережень) має вигляд $(\alpha - \Delta, \alpha + \Delta)$, тобто при надійності $\gamma = 0,9973$ математичне очікування величини X рівно α , а середнє квадратичне відхилення $\sigma = \Delta/3$. Зроблені допущення дозволяють знайти параметри нормального закону розподілу.

У випадку, коли закон розподілу невідомий, для визначення σ можливо використати нерівність Чебишева:

Нехай X — будь-яка випадкова величина, математичне очікування якої рівно $\alpha = E(X)$, σ — середнє квадратичне відхилення. Тоді ймовірність того, що величина X прийме яке-небудь значення за межами діапазону $(\alpha - \Delta, \alpha + \Delta)$, не перевершує величини σ^2/Δ^2 .

Тобто, вірна нерівність:

$$P(|X - \alpha| \geq \Delta) \leq \frac{\sigma^2}{\Delta^2}.$$

Можливо прийняти величину σ і в якості міри ризику. У цьому випадку можна також покласти $\sigma = \Delta/3$, але при цьому надійність оцінки зменшується до 8/9. Рівень значимості $\alpha = 1 - \gamma = 1/9$.

10.2. Особливості оцінки ризику Value-At-Risk (VaR)

Метод оцінки ризиків Value-At-Risk дозволяє оцінити величину максимально можливих втрат (збитків) з визначеним рівнем ймовірності [19]. Під втратами в даному випадку розуміється від'ємна зміна вартості проекту, що підлягає інвестуванню (ΔP) в момент часу t та в момент $i-1$, тобто: $\Delta P = P_t - P_{i-1}$.

Рівень ймовірності вибирається по різному, в залежності від ставлення до ризику. При виборі рівня ймовірності відкидаються найгірші результати. Тобто, при виборі 99 % довірчого інтервалу, оцінка VaR буде враховувати всі результати, крім 1 % найгірших, а при виборі 95 % довірчого інтервалу не буде враховано вже 5 % найбільш небажаних результатів.

Оцінка VaR може відбуватися як шляхом визначення величини абсолютних збитків, так і шляхом визначення величини втрат відносно середнього доходу. Часовий горизонт, для якого розраховується VaR, часто вибирається виходячи з мінімального реального терміну, протягом якого можна реалізувати інструмент без суттєвого збитку.

Існує три основних методи розрахунку Value-At-Risk:

- метод історичного моделювання;
- метод параметричної оцінки, який більш поширений у вигляді варіаційно-коваріаційної моделі;
- метод імітаційного моделювання, який часто називають за основною моделлю, що використовується в його рамках, методом Монте-Карло.

10.3. Метод історичного моделювання

Оцінка VaR за історичним методом здійснюється наступним чином.

На першому етапі визначається початковий ряд показників - значень вартості портфеля, що розглядається, для всіх зафіксованих в історичному періоді станів ринку.

На другому етапі отриманий часовий ряд переводиться в ряд відносних показників.

На третьому етапі отримані значення впорядковуються, та очищуються на частину найгірших значень, що перевищує прийнятий довірчий рівень.

Найгірше з залишених значень відповідає максимальній ймовірності в рамках прийнятого довірчого рівня величини втрат, тобто VaR - у відповідності з порядком розрахунку в формі відносної зміни вартості.

На останньому четвертому етапі отримана відносна оцінка VaR приводиться до абсолютного грошового еквіваленту.

Переваги методу історичного моделювання:

- відносна простота реалізації методу;
- швидкість обчислень;
- можливість позбавитися від похибок моделювання;
- можливість коректного врахування ризиків нелінійних інструментів;
- стійкість оцінок;
- легкість розуміння для топ-менеджменту.

Недоліки методу історичного моделювання:

- некоректність результатів у випадку, якщо вибірка, отримана на базовому періоді, не є репрезентативною;
- неможливість використання прогнозних значень волатильностей та кореляцій;
- неможливість застосування при значних коливаннях значень відповідного показника на ринку.

10.4. Метод параметричної оцінки

Даний підхід оцінки VaR представляється у вигляді варіаційно - коваріаційної моделі.

В основі аналізу лежить припущення про відповідність фактичного розподілу випадкової величини (ринкового показника) теоретичній закономірності нормального розподілу ймовірностей. Відповідно, на ринковий показник, що розглядається, проєктуються висновки, які зроблені на основі розрахунків по теоретичному розподілу.

Оцінка VaR за даним методом здійснюється наступним чином.

На першому і другому етапах визначається вихідний ряд показників і здійснюється перехід до ряду відносних значень аналогічно історичному моделюванню.

На третьому етапі здійснюється визначення параметрів нормального розподілу, яке найкращим чином наближує фактичний розподіл показника, що розглядається.

Далі визначається значення оберненого нормального розподілу у відповідності з отриманими раніше параметрами та встановленим довірчим рівнем.

На завершальному етапі, отримана відносна оцінка VaR приводиться до абсолютного грошового еквіваленту у відповідності з формою вихідного статистичного ряду (аналогічно четвертому етапу історичного моделювання).

Описаний алгоритм відповідає оцінці VaR для одного інструменту. Для складових портфелів розрахунок здійснюється за аналогічною схемою, але з використання більш складного матричного математично-статистичного апарату.

Переваги параметричного метода:

- відносна простота реалізації;
- швидкість обчислень;
- дозволяє використовувати різні варіанти значень волатильностей та

кореляцій.

Недоліки параметричного метода:

- неможливість використання інших розподілів, крім нормального;
- неможливість коректного врахування ризиків нелінійних інструментів;
- імовірність значних помилок в моделях;
- складність для розуміння топ-менеджментом.

10.5. Питання для самоперевірки

10.5.1. Назвіть метод оцінки та управління ризиками, який розроблено у 80-90 роках XX століття?

10.5.2. Вкажіть основні особливості Value-At-Risk (VaR) методу оцінки та управління ризиками.

10.5.3. Що, крім ризиків, дозволяє оцінити Value-At-Risk (VaR) метод?

10.5.4. Що розуміється під втратами, в аналітичному вигляді, при використанні методу оцінки ризиків Value-At-Risk?

10.5.5. Чим визначаються найгірші результати ризику проекту, наведіть приклад?

10.5.6. Що визначають при оцінці Value-At-Risk (VaR) методу визначення ризику?

10.5.7. Назвіть три основних методи розрахунку Value-At-Risk.

10.5.8. В чому полягає ідея методу Value-At-Risk?

10.5.9. Охарактеризуйте чотири етапи оцінки ризиків методом Value-At-Risk.

10.5.10. Переваги методу історичного моделювання - оцінки ризиків методом Value-At-Risk

10.5.11. У якому вигляд надається оцінка Value-At-Risk при використанні методу параметричної оцінки ризиків?

10.5.12. Вкажіть переваги і недоліки параметричної оцінки ризиків.

ТЕМА 11. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКУ VALUE-AT-RISK (VAR)

11.1. Обґрунтування доцільності використання методу VALUE-AT-RISK

У загальному випадку для оцінки ризиків методом **VALUE-AT-RISK** (VaR) справедливе наступне: якщо досліджуваний показник має додатній інгредієнт, тобто його прагнуть максимізувати, то VaR можна знайти за формулою [24]:

$$\text{VaR} = m - k\sigma,$$

де m - математичне сподівання;

σ - середньоквадратичне відхилення (міра ризику);

k - коефіцієнт, який залежить від вибраної довірчої ймовірності (ціна ризику).

Якщо ж досліджуваний показник має від'ємний інгредієнт, тобто його прагнуть мінімізувати, то VaR обчислюється за формулою:

$$\text{VaR} = m + k\sigma.$$

Приклад

Нехай прийнято рішення про оптову закупівлю партії iPhone 5S обсягом $D = 10\,000$ апаратів за ціною P_1 з метою її продажу за ціною P_2 . Відомо, що оптова ціна одного телефону змінюється в діапазоні від 10 грн. до 12 грн. Відповідно діапазон роздрібних цін 13-16 грн. Знайти нижню границю обсягу виручки на рівні значності $\alpha = 1/9$.

Маємо:

$$Y = D \cdot (P_1 - P_2),$$

$$P_1^0 = 11, \quad \Delta P_1 = 1,$$

$$P_2^0 = 14,5, \quad \Delta P_2 = 1,5.$$

Тоді

$$\Delta Y = D \cdot (\Delta P_1 + \Delta P_2) = 10000 \cdot (1 + 1,5) = 25\,000,$$

$$a = E(Y) = 35\,000, \quad \sigma(Y) = \Delta Y / 3 = 25000/3 = 8333.3.$$

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S_{cp})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{(10.1-10.07)^2 + (10.2-10.07)^2 + (9.8-10.07)^2 + (9.9-10.07)^2 + (9.7-10.07)^2 + \dots}{(n-1)}}$$

Знаючи a й s , знайдемо нижню границю виторгу в розмірі 24 779 грн. з надійністю 8/9.

Основною перевагою VaR є його простота. До його недоліків можна віднести те, що в силу своєї простоти він ігнорує більшу частину інформації, що вміщується в функції розподілу аналізованої величини. VaR не реагує на розподіл величин збитків, що відбуваються з ймовірностями, меншими α : вони вважаються малоймовірними і ігноруються, тобто хвіст розподілу відтинається. У деяких областях, наприклад, в страхуванні, не можна зневажати великими збитками, що відбуваються з малими ймовірностями, тому що на них доводиться значна частка виплат. У зв'язку із цим робляться спроби доповнити VaR якими-небудь характеристиками хвостів розподілу. Наприклад, у якості заходу ризику пропонується математичне очікування за умови перевищення збитком деякого рівня:

$$R(X) = E(X \mid X > t),$$

де X — випадкова величина збитку,

t — деяке число.

У страхуванні такий захід ризику іноді називають EPD (Expected Policyholder Deficit).

Якщо в якості t вибрати $t = \alpha x + \beta \sigma_x$, то одержимо міру ризику, який називається умовним математичним очікуванням хвоста (Tail Conditional Expectation— TCE) [25]:

$$R(X) = E(X | X > VaRa(X)).$$

11.2. Семіваріація і семіквадратичне відхилення при використанні методу VALUE-AT-RISK

У подальшому розглядається випадок, коли досліджуваний показник має додатній інгредієнт. Якщо випадкова величина (досліджуваний показник) $X = \{x_1; \dots; x_n\}$ відображає прибутки ($X=X^+$), тобто має позитивний інгредієнт) і значення $X_j < M(X)$ (оцінка прибутку x_j є реалізацією випадкової величини і є меншою від сподіваної величини прибутку), то це є ознакою несприятливої ситуації. В той же час додатне відхилення вказує на те, що реалізація випадкової величини (прибутку) є більшою, ніж сподівана величина, і це є сприятливою ситуацією [26].

Зауважимо, що ризик пов'язаний з несприятливими ситуаціями, і для його оцінювання достатньо брати до уваги лише несприятливі відхилення від сподіваної величини, а не всі відхилення. При цьому за міру ризику пропонується взяти *семіваріацію* [18], яка для дискретної випадкової величини X обчислюється наступним чином:

$$SV(X) = \sum_{j=1}^n a_j p_j (x_j - M(X))^2,$$

де n - кількість значення випадкової величини X ;

x_j - значення випадкової величини, $j=1, \dots, n$;

p_j - відповідні ймовірності;

$M(X)$ - математичне сподівання випадкової величини X ;

a_j - індикатор несприятливих відхилень, який визначають за формулою:

$$a = 0, \text{ у випадку сприятливого відхилення;}$$

$$a = 1, \text{ у випадку несприятливого відхилення.}$$

Для нашого прикладу, якщо випадкова величина $X = \{x_j; \dots; x_n\}$ відображає прибутки ($X=X^+$), тоді

$$a = \begin{cases} 0, & x_j > M(X^+) \\ 1, & x_j < M(X^+) \end{cases}; j = \overline{1, n}.$$

З практичної точки зору зручніше застосовувати *семіквадратичне відхилення*, яке дорівнює: $SSV(X) = \sqrt{SV(X)}$.

Тоді для VaR справедливе наступне:

$$VaR = m - kSSV$$

де m - математичне сподівання;

SSV - семіквадратичне відхилення (міра ризику) ;

k - коефіцієнт, який залежить від вибраної довірчої ймовірності (ціна ризику).

11.3. Використання методу VaR при асиметричному розподілі показників

Одним із слабких місць VaR є припущення про нормальність розподілу та, відповідно, наявність симетрії в розподілі. Але у більшості випадків розподіли досліджуваних показників асиметричні. І за базу при розрахунках пропонується замість математичного сподівання обрати моду або медіану [19].

Якщо за центр групування значень досліджуваного показника використати медіану випадкової величини, то в абсолютному вираженні міри ризику можна використати медіанну семіваріацію та семіквадратичне відхилення від медіани. Для дискретної випадкової величини X медіанна семіваріація обчислюється за формулою:

$$SV_M(X) = \sum_{j=1}^n a_j p_j (x_j - M_e(X))^2$$

де a_j - індикатор несприятливих відхилень, який визначають, як

$a=0$, у випадку сприятливого відхилення;

$a=1$, у випадку несприятливого відхилення.

n - кількість значень випадкової величини X ;

x_j - значення випадкової величини.

$j = 1, \dots, n; p_j$ - відповідні ймовірності;

$M_e(X)$ - медіана випадкової величини X .

Семіквадратичне відхилення від медіани буде дорівнювати:

$$SSV_M(X) = \sqrt{SV_M(X)}$$

Тоді формулу розрахунку VaR можна переписати наступним чином:

$$VaR = M_e - kSSV_M$$

де M_e - медіана;

SSV_M - семіквадратичне відхилення від медіани (міра ризику);

k - коефіцієнт, який залежить від вибраної довірчої ймовірності (ціна ризику).

Для моди можна зробити аналогічні викладки.

На сьогоднішній день методологія VaR є, безумовно, вдалим вирішенням проблеми оцінки ризику, і, можливо, найкращою з розроблених [26-29].

Але припущення про нормальність розподілу і відсутність асиметрії в розподілі обмежує використання VaR. Запропонований підхід використання семіваріації та семіквадратичного відхилення замість звичайних варіації та середньоквадратичного відхилення, а також - моди або медіани замість математичного сподівання, розширює межі використання методу VaR. Подальші дослідження необхідно спрямувати на зменшення обмежень, які закладені в методології VaR.

11.4. Питання для самоперевірки

- 11.4.1 Вкажіть математичну модель оцінки ризиків методом VALUE-AT-RISK при умові що досліджуваний показник має додатний інгредієнт.
- 11.4.2. Вкажіть математичну модель оцінки ризиків методом VALUE-AT-RISK при умові що досліджуваний показник має від'ємний інгредієнт.
- 11.4.3. Записати математичну модель міри ризику при несприятливих відхиленнях від сподіваної величини.
- 11.4.4. Вказати математичну модель міри ризику при несприятливих відхиленнях від сподіваної величини, яку доцільніше використовувати для практичних розрахунків.
- 11.4.5. Визначити VALUE-AT-RISK при несприятливих відхиленнях від сподіваної величини.
- 11.4.6. Вкажіть особливості використання методу VALUE-AT-RISK при асиметричному розподілі досліджуваних показників.
- 11.4.7. Надати математичний вираз семіквадратичного відхилення від медіани при асиметричному розподілі досліджуваних показників ризику.
- 11.4.8. Записати математичну модель визначення ризику методом VALUE-AT-RISK при асиметричному розподілі досліджуваних показників ризику.
- 11.4.9. Що стримує широке застосування методу VALUE-AT-RISK при оцінці ризиків?
- 11.4.10. Завдяки чому розширюють можливості методу VALUE-AT-RISK при оцінці ризиків?

ПРАКТИКУМ 1

Тема. Ризик втрати працездатності системи при відмові одного з її елементів.

Мета. Підготувати технічне рішення, яке забезпечить найменші збитки при відмові одного з її елементів мехатронної системи.

Реферат (готується самостійно)

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (готується самостійно)

Вступ (готується самостійно)

П1.1. Короткий огляд наслідків аварій

Як свідчать статистичні дані [30] останні 20 років принесли 56 % від найбільш руйнівних подій у промисловості й на транспорті. Вважається, що збиток від аварійності й травматизму досягає (10...15) % від валового національного продукту промислово розвинених держав. А екологічне забруднення навколишнього природного середовища й недосконала техніка безпеки є причиною передчасної смерті (20...30) % чоловіків і (10...20) % жінок. У 2015 році на території ХХ було зафіксовано близько 1550 надзвичайних ситуацій, з яких 1150 носили техногенний характер і 400 - природний. У них постраждало 8000 людей, загинуло понад 1800 [31]. Ситуація, що склалася в питаннях аварійності й травматизму пояснюється:

- низькою культурою безпеки;
- технологічною недисциплінованістю персоналу;
- конструктивною недосконалістю використовуваного промислового й транспортного встаткування.

Основними причинами великих техногенних аварій є:

- відмови технічних систем через дефекти виготовлення й порушень режимів експлуатації;
- помилкові дії операторів технічних систем;
- концентрації різних виробництв у промислових зонах;
- високий енергетичний рівень технічних систем;
- зовнішні негативні впливи на об'єкти енергетики, транспорту тощо.

П1.2. Вибір між двома рішеннями при різному математичному очікуванні

Необхідно обрати технічне рішення, яке забезпечить найменші збитки при аварійних ситуаціях. Маємо наступне ймовірнісне розподілення значень збитків у результаті аварії, таблиця П1.1, при традиційних заходах попередження аварії

Таблиця П1.1 - Ймовірнісне розподілення отримання збитків

Параметри	Рішення 1			
Можливі аварійні ситуації	Заміна ущільнення	Заміна труби	Заміна редуктора	Заміна насосу
Збитки, X_n , грн	200	300	350	400
Ймовірність отримання збитків, P_n , в.о.	0.2	0.3	0.2	0.3
Ризик зупинки виробничого циклу, R_n	40	90	70	120

Після зміни механічного редуктора на гідро муфту, заміна матеріалу ущільнення пароніту на фторопласт Ф4К20 з наповнювачем, Заміни металеві труби на пластикову. Можливе наступне ймовірнісне розподілення значень збитків у результаті аварії, таблиця П1.2.

Таблиця П1.2 - Ймовірнісне розподілення отримання збитків після модернізації

Параметр	Рішення 2			
Можливі аварійні ситуації	Відновлення ущільнення	Відновлення труби	Відновлення гідромурфи	Відновлення насоса
Збитки, X_n , грн	180	210	240	250
Ймовірність аварійної події, P_n , в.о.	0.2	0.3	0.4	0.1
Ризик зупинки виробничого циклу, R	36	63	96	25

Ризик R можливо записати у символічному вигляді [30, 31]:

$$R = Q \times p, \quad (\text{П1.1})$$

де Q - ймовірність події;

p - наслідки (обсяг збитків).

Математичне очікування $MO_1(X)$ за першим рішенням:

$$MO_1(X) = X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + X_3 \cdot P_3 + X_4 \cdot P_4 = 200 \cdot 0,2 + 300 \cdot 0,3 + 350 \cdot 0,2 + 400 \cdot 0,3 = 320$$

Математичне очікування $MO_2(X)$ за другим рішенням:

$$MO_2(X) = X_5 \cdot P_5 + X_6 \cdot P_6 + X_7 \cdot P_7 + X_8 \cdot P_8 = 180 \cdot 0,2 + 210 \cdot 0,3 + 240 \cdot 0,4 + 250 \cdot 0,1 = 220$$

Ризик використання рішень $\sigma = \sqrt{\text{Var}(MO(X))}$ або $S_n = \sqrt{(X_n - MO_n)^2 \cdot P_n}$:

За першим рішенням:

$$\begin{aligned}
S_1 &= \sqrt{\text{Var}(MO(X))} = \sqrt{(X_1 - MO_1)^2 \cdot P_1 + (X_2 - MO_1)^2 \cdot P_2 + (X_3 - MO_1)^2 \cdot P_3 + (X_4 - MO_1)^2 \cdot P_4} = \\
&= \sqrt{(200 - 320)^2 \cdot 0.2 + (300 - 320)^2 \cdot 0.3 + (350 - 320)^2 \cdot 0.2 + (400 - 320)^2 \cdot 0.3} = \\
&= \sqrt{(-120)^2 \cdot 0.2 + (-20)^2 \cdot 0.3 + (-30)^2 \cdot 0.2 + (-80)^2 \cdot 0.3} = \sqrt{1440 \cdot 0.2 + 400 \cdot 0.3 + 900 \cdot 0.2 + 6400 \cdot 0.3} = \\
&= \sqrt{2880 + 120 + 180 + 1820} = \sqrt{5040} = 71.41
\end{aligned}$$

За другим рішенням:

$$\begin{aligned}
\sigma_2 &= \sqrt{\text{Var}(MO(X))} = \sqrt{(X_5 - MO_2)^2 \cdot P_5 + (X_6 - MO_2)^2 \cdot P_6 + (X_7 - MO_2)^2 \cdot P_7 + (X_8 - MO_2)^2 \cdot P_8} = \\
&= \sqrt{(180 - 220)^2 \cdot 0.2 + (210 - 220)^2 \cdot 0.3 + (240 - 220)^2 \cdot 0.4 + (250 - 220)^2 \cdot 0.1} = \\
&= \sqrt{(-40)^2 \cdot 0.2 + (-10)^2 \cdot 0.3 + (-20)^2 \cdot 0.4 + (-30)^2 \cdot 0.1} = \sqrt{1600 \cdot 0.2 + 100 \cdot 0.3 + 400 \cdot 0.4 + 900 \cdot 0.1} = \\
&= \sqrt{320 + 30 + 160 + 90} = \sqrt{600} = 24.49.
\end{aligned}$$

Вибір між двома рішеннями при різному математичному очікуванні можливо виконувати урахуванням коефіцієнту варіації K_{vn} або $V(X)$ у якості заходу ризику:

$$K_{vn} = \sqrt{(X_n - MO_n)^2 \cdot P_n} \cdot 100 / MO_1 \text{ або } V(X) = \sqrt{\text{Var}(MO(X))} \cdot 100 / MO(X)$$

П1.3. Перехід від символьних до машинних змінних

Перехід від символьних до машинних змінних, показано в таблиці П1.3

Таблиця П1.3 - Перехід від символьних до машинних змінних

Параметр	Символьн	Машин.	Розмір-ність	Значення	Дже-рело
1. Математичне очікування,	M	MO(X)	в.о.	Розрахунок	[]
2. Збитки, варіант	X _n	X _n	у.о.	Табл П1.1	[]
3. Ймовірність отримання збитків (варіант)	P _n	P _n	в.о	Табл П1.1	[]
4. Ризик за коефіцієнтом варіації	σ_n	S _n	в.о.	Розрахунок	[]
5. Коефіцієнт варіацій у якості заходу ризику	K _{vn}	K _{vn}		Розрахунок	[]

Перехід від символьних до машинних математичних моделей, наведено у таблиці П1.4.

Таблиця П1.4 - Перехід від символьних до машинних математичних моделей

Математичні моделі в символьному вигляді	Математичні моделі в машинному вигляді
$MO_1(X) = X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + X_3 \cdot P_3 + X_4 \cdot P_4$	$MO_1(X) = X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + X_3 \cdot P_3 + X_4 \cdot P_4$
$MO_2(X) = X_5 \cdot P_5 + X_6 \cdot P_6 + X_7 \cdot P_7 + X_8 \cdot P_8$	$MO_2(X) = X_5 \cdot P_5 + X_6 \cdot P_6 + X_7 \cdot P_7 + X_8 \cdot P_8$
$\sigma_1 = \sqrt{Var(MO(X)_n)}$	$S1 = \sqrt{(X_1 - MO_1)^2 \cdot P_1 + (X_2 - MO_1)^2 \cdot P_2 + (X_3 - MO_1)^2 \cdot P_3 + (X_4 - MO_1)^2 \cdot P_4}$
$\sigma_2 = \sqrt{Var(MO(X)_n)}$	$S2 = \sqrt{(X_5 - MO_2)^2 \cdot P_5 + (X_6 - MO_2)^2 \cdot P_6 + (X_7 - MO_2)^2 \cdot P_7 + (X_8 - MO_2)^2 \cdot P_8}$
$V(X) = \sqrt{Var(MO(X))} \cdot 100 / MO(X)$	$K_{vn} = \sqrt{(X_n - MO_n)^2 \cdot P_n} \cdot 100 / MO_1$

Для чисельного розрахунку приймемо початкові данні з таблиці П1.1. Результати розрахунку занесені у таблицю П1.6.

Таблиця П1.6 - Результати розрахунку математичного очікування і ризику вибору варіантів

Параметр	Рішення1	Рішення 2
Математичне очікування, $MO(X)$	320	220
Ризик $\sigma = \sqrt{Var(MO(X))}$	71.41	24.49
Коефіцієнт варіації, $V(X)$	22.32 %	11.13 %

Таким чином друге рішення характеризується меншим математичним очікуванням значенням збитків з меншим рівнем ризику. Тому доцільно прийняти друге рішення

П1.4. Розрахунок ризику вибору варіантів рішень

П1.4.1. Для машинного розрахунку математичного очікування і ризику вибору варіантів використана комп'ютерна оболонка LabVIEW.

П1.4.2. Передню (контрольна) панель віртуального приладу розрахунку математичного очікування і ризику вибору варіантів показано на рисунку П1.1.

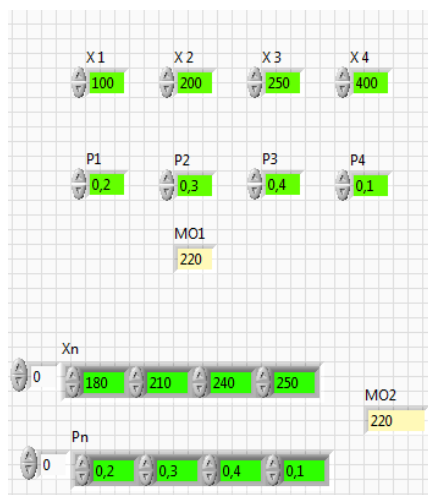


Рисунок П1.1. Контрольна панель віртуального приладу розрахунку математичного очікування і ризику вибору варіантів

П1.4.3. Рисунок П1.2. представляє два способи складання блок-схеми віртуального приладу розрахунку математичного очікування і ризику вибору варіантів. Додаток А.

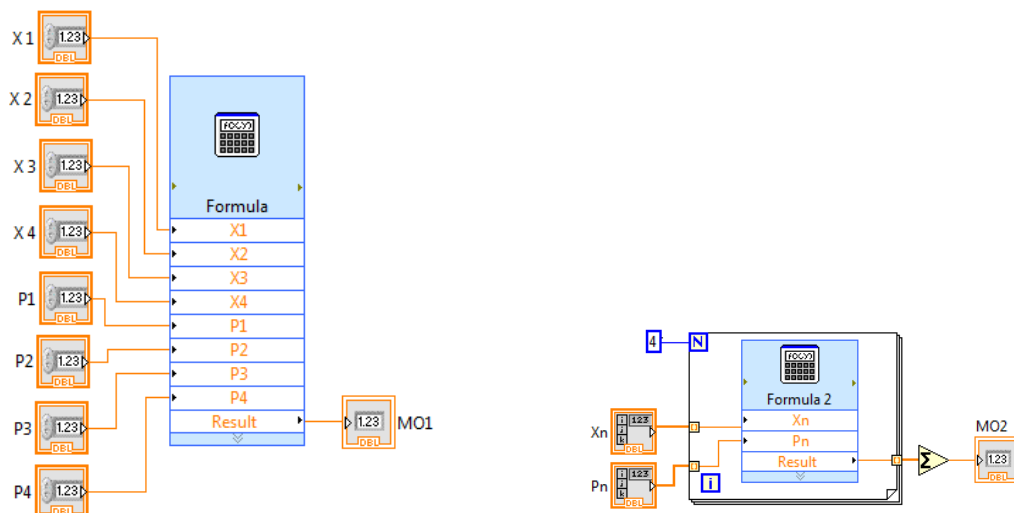


Рисунок П1.2. Два способи складання блок-схеми віртуального приладу розрахунку математичного очікування і ризику вибору варіантів

П1.4.4. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** показано на рисунку П1.3.

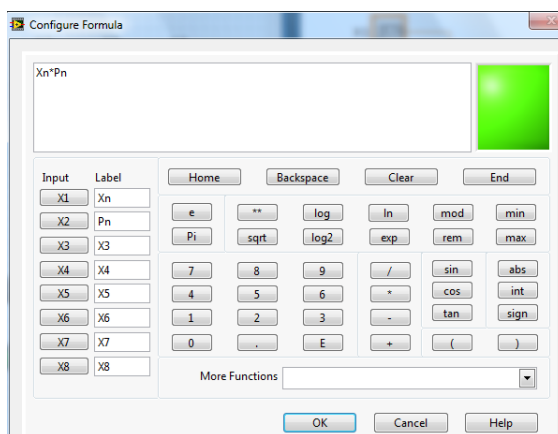


Рисунок П1.3. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula**

П1.4.5. Передню панель віртуального приладу розрахунку математичного очікування і ризику для порівняння і вибору способу розрахунку показано на рисунку П1.4.

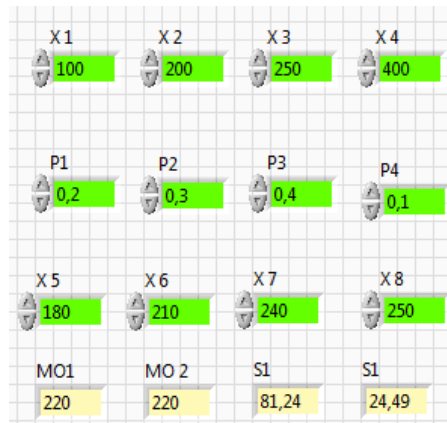


Рисунок П1.4. Передня панель віртуального приладу розрахунку і порівняння двох варіантів розрахунку математичного очікування і ризику

П1.4.6. Блок-схема віртуального приладу розрахунку математичного очікування за двома варіантами, представлена на рисунку П1.5.

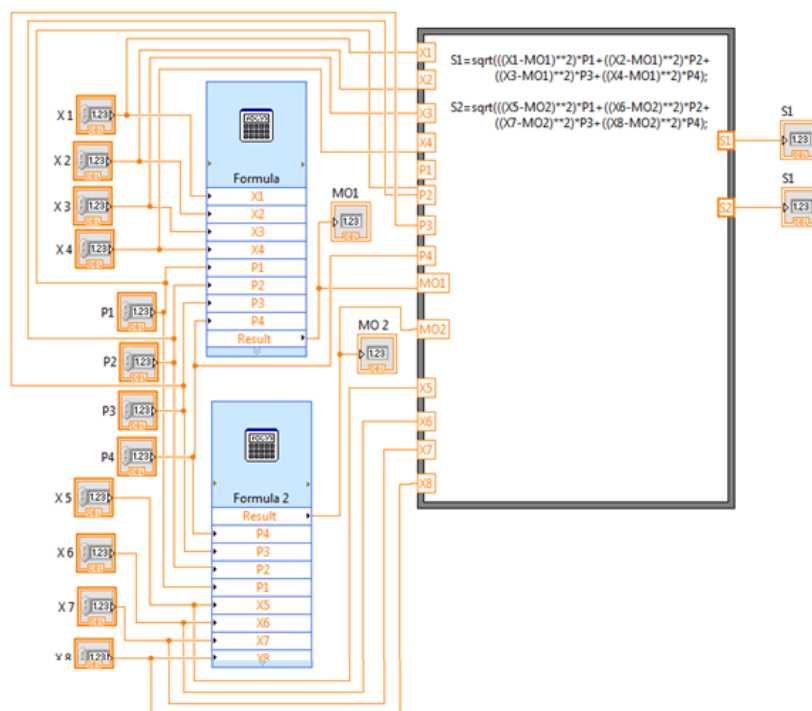


Рисунок П1.5. Блок-схеми віртуального приладу розрахунку математичного очікування за двома варіантами

П1.4.7. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для першого варіанту розрахунку показано на рисунку П1.6.

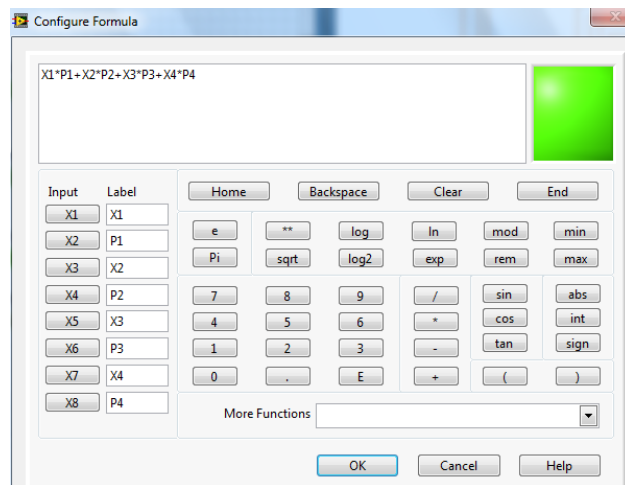


Рисунок П1.6. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для першого варіанту розрахунку.

П1.4.8. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для другого варіанту розрахунку показано на рисунку П1.7.

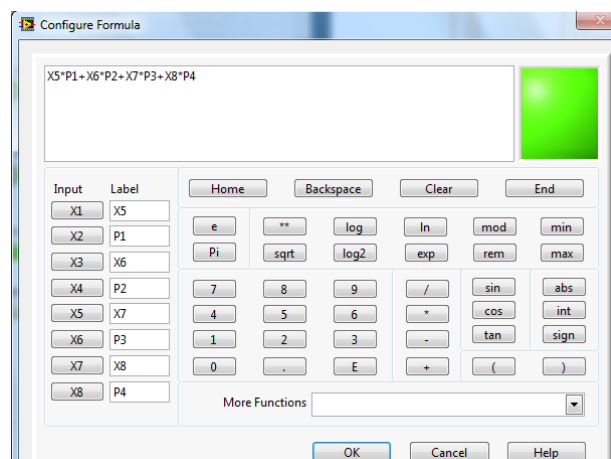


Рисунок П1.7. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для другого варіанту розрахунку.

П1.5. Вибір між двома рішеннями за коефіцієнтом варіації K_{vn} або $V(X)$ у якості заходу ризику

П1.5.1. У першому прикладі кожне з рішень характеризується однаковим очікуваним значенням збитків, тому перевага другого рішення очевидна.

Більш розповсюдженої є така ситуація, коли більшому очікуваному значенню збитків відповідає й більший рівень ризику. У цьому випадку фахівця поставлено перед спокусою поласитися на більш високий очікуваний прибуток, але з меншою гарантією.

У цьому випадку можна використовувати коефіцієнт варіації K_{vn} або $V(X)$ у якості заходу ризику:

$$K_{vn} = \sqrt{(X_n - MO_n)^2 \cdot P_n} \cdot 100 / MO_1 \text{ або } V(X) = \sqrt{Var(MO(X))} \cdot 100 / MO(X)$$

Коефіцієнт варіації показує ступінь відхилення отриманих значень від математичного очікування.

Чим вище коефіцієнт варіації, тем сильніше мінливість ознаки. Встановлена наступна оцінка коефіцієнта варіації:

- до 10 % — слабка варіація (низький ризик);
- 10-25 % — помірна варіація (помірний ризик);
- понад 25 % — висока варіація (високий ризик).

Результати ручного розрахунку представлені у таблиці П1.7.

Таблиця П1.7 - Результати ручного розрахунку

Параметр	Рішення 1				Рішення 2			
Збиток, X	200	300	350	400	180	210	240	250
Ймовірність, P	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.1
Математичне очікування, $MO(X)$	320				220			
Ризик $\sigma = \sqrt{Var(MO(X))}$	71.41				24.50			
Коефіцієнт варіації, $V(X)$	22.3 %				11.1 %			

П1.5.2. Коефіцієнт варіації для першого розв'язку вище, що означає наявність великої невизначеності в ситуації й, більш високий ступінь ризику при прийнятті цього розв'язку.

П1.5.3. Передня панель ВП розрахунку двох варіантів математичного очікування, ризику і Коефіцієнта варіації, показана на рисунку П1.8.

X 1	X 2	X 3	X 4
200	300	350	400
P 1	P 2	P 3	P 4
0,2	0,3	0,2	0,3
P 5	P 6	P 7	P 8
0,2	0,3	0,4	0,1
X 5	X 6	X 7	X 8
180	210	240	250
MO 1	MO 2	S 1	S 1
320	220	71,41	24,49
Kv 1, %	Kv 2, %		
22,32	11,13		

Рисунок П1.8. Передня панель ВП

П1.5.4. Блок - схема ВП розрахунку двох варіантів математичного очікування, ризику і коефіцієнта варіації, показана на рисунку П1.9.

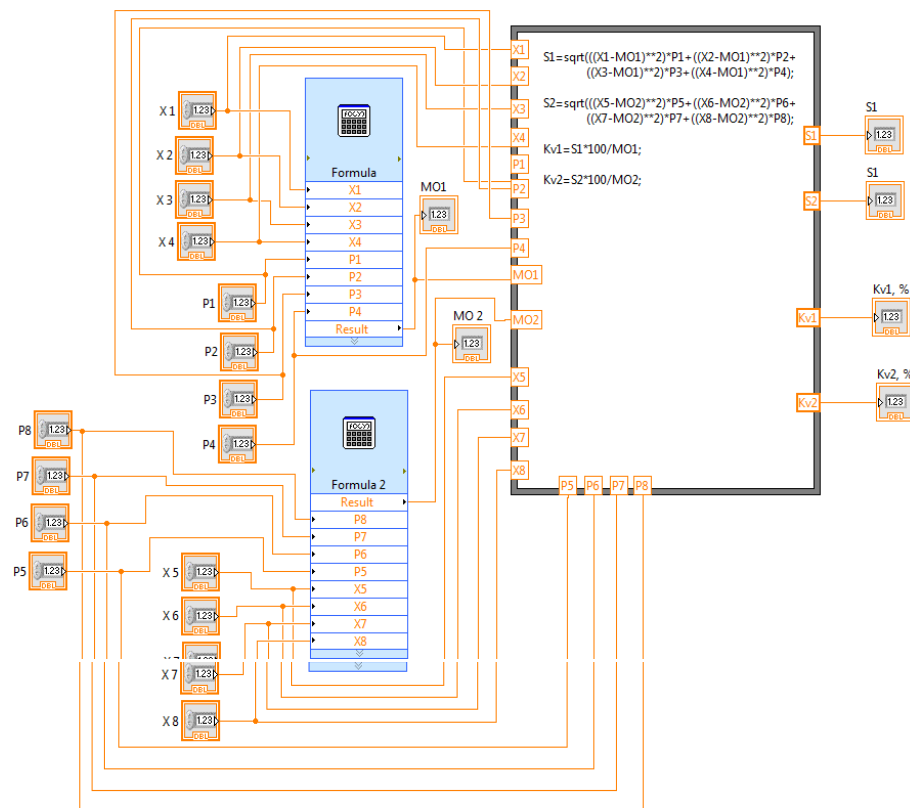


Рисунок П1.9. Блок-схема ВП розрахунку двох варіантів математичного очікування, ризику і коефіцієнта варіації

П1.5.5. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для розрахунку першого варіанту математичного очікування, ризику і коефіцієнта варіації показано на рисунку П1.10.

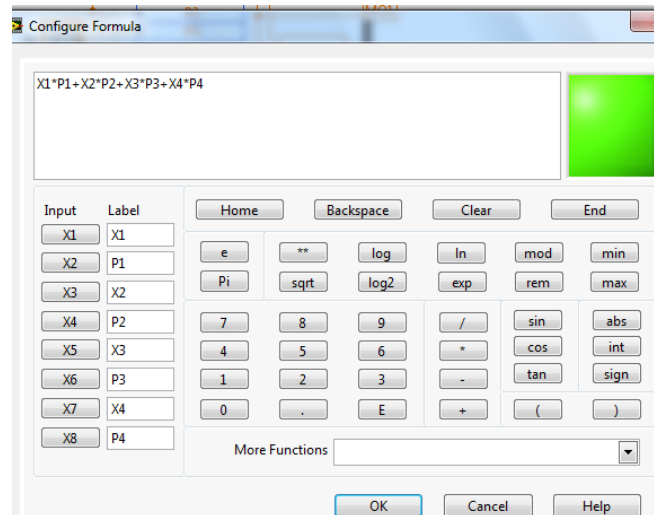


Рисунок П1.10. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для розрахунку першого варіанту

П1.5.6. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для розрахунку другого варіанту математичного очікування, ризику і коефіцієнта варіації показано на рисунку П1.11.

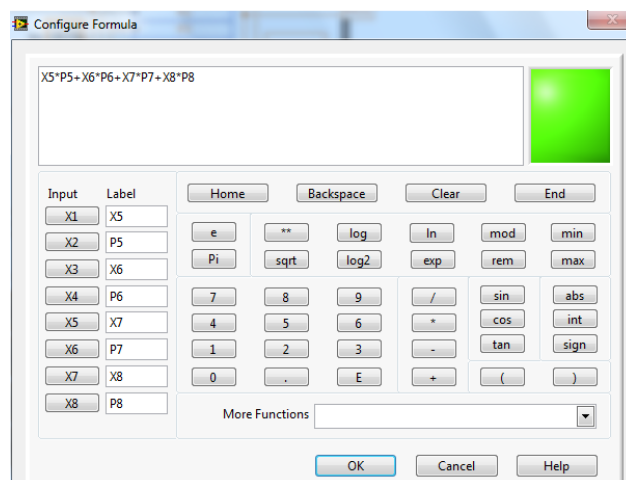


Рисунок П1.11. Налаштування **ВП Експрес Формула - Express VI Formula** за допомогою меню **Конфігурація формули - Configure Formula** для розрахунку другого варіанту

П1.6. Ризик втрати працездатності системи при відмові її елементу

Наприклад, заміна запобіжного клапана, імовірність відмови якого становить 10^{-4} , на модернізований клапан, у якого ймовірність відмов 10^{-5} , приведе до того, що ризик вибуху зливного бака знизиться з $2 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-5}$. Таким чином, модернізація клапана дозволяє знизити ризик небезпечної події в системі, тобто ризик вибуху бака. У розглянутому прикладі знизити ризик можна також шляхом зменшення ймовірності підвищення тиску, наприклад, замінити насос іншим, більш надійним, з більш низькою ймовірністю відмови окремих елементів.

Нехай у нового насоса ймовірність виходу з ладу рівна 0,25/рік, тобто в 6 рази нижче, чим у першого насоса. Якщо встановити такий насос, то тиск може збільшитися із частотою в середньому 1,75 раз у рік ($0,25/\text{рік} + 1,5/\text{рік}$). Тоді ризик вибуху бака складе: $(1,75/\text{рік})(1 \cdot 10^{-4}) = 0,000175/\text{рік}$.

У порівнянні з попереднім варіантом зниження ризику не дуже суттєво. Звичайно, тут слід зазначити, що частота відмови елементів насоса знижена тільки в 2 рази, у той час як частота відмов клапана знижена у 10 раз.

Щоб зробити порівняння більш коректним, можна оцінити, наскільки зменшиться ризик, якщо зниження ймовірності виходу з ладу насоса й клапана буде однаковим, наприклад в 2 рази.

Нехай ризик відмови клапана складе $0,5 \cdot 10^{-4}$ замість $1 \cdot 10^{-4}$. Тоді ризик вибуху складе: $(2/\text{рік})(0,5 \cdot 10^{-4}) = 0,0001/\text{рік}$, або один раз на 10 000 років.

Це значення можна тепер зрівняти з результатом, який одержано для зниження ризику відмови насоса у два рази. У першому випадку зниження менш істотне.

Даний приклад показує, що однакові зниження ризику різних вихідних подій можуть давати неоднакове зниження ризику головної події й що дерево відмов забезпечує механізм аналізу чутливості безпеки системи до змін значень різних параметрів.

П1.7. Висновки (складаються самостійно)

П1.8. Рекомендації (складаються самостійно)

П1.9. Методичні вказівки до виконання практикуму № 1

П1.9.1. Для отримання рейтингових балів кожен студент самостійно обирає будь-яку електромеханічну систему, що знаходиться в лабораторіях кафедри електромеханічного обладнання енергоємних виробництв.

П1.9.2. Після обрання і погодження з керівником, студент самостійно обирає вузол системи, ймовірність втрати працездатності якого найбільша.

П1.9.3. Провести порівняльний підрахунок працездатності обраної електромеханічної системи до і після її удосконалення, заміною на більш надійний елемент з урахуванням вартості удосконалення.

П1.9.4. Після виконання розрахунків студент готує висновки і практичні рекомендації, як короткі кількісні результати практичної роботи.

П1.9.5. Для отримання 5 (п'яти) рейтингових балів слід підготувати звіт у відповідності з ДСТУ 3.008-95 «Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» і провести його захист на експрес контролі під час занять.

П1.10. Питання для самоперевірки знань

П1.10.1. Який відсоток збитку валового національного продукту промислово розвинених держав від аварійності й травматизму?

Відповідь: Досягає 10...15 %

П1.10.2. Назвіть основні причини аварійності й травматизму.

Відповідь:

- низькою культурою безпеки;
- технологічною недисциплінованістю персоналу;
- конструктивною недосконалістю використовуваного промислового й транспортного встаткування.

П1.10.3. Що є основними причинами великих техногенних аварій?

Відповідь:

- відмови технічних систем через дефекти виготовлення й порушень режимів експлуатації;
- помилкові дії операторів технічних систем;
- концентрації різних виробництв у промислових зонах;
- високий енергетичний рівень технічних систем;
- зовнішні негативні впливи на об'єкти енергетики, транспорту тощо

П1.10.4 Запишіть і поясніть повний аналітичний вираз математичного очікування $MO(X)$.

Відповідь: $MO(X) = X_1 \cdot P_1 + \dots + X_n \cdot P_n$

де $X_1 \dots X_n$ - прибуток від попередження ризикової ситуації, у. о.;

$P_1 \dots P_n$ - ймовірність настання ризикової ситуації, в. о.

П1.10.5 Запишіть і поясніть повний аналітичний вираз ризику використання рішень

Відповідь: $\sigma = \sqrt{Var(MO(X))} = \sqrt{(X_1 - MO)^2 \cdot P_1 + \dots + (X_n - MO)^2 \cdot P_n}$

П1.10.6. Що показує коефіцієнт варіації ?

Відповідь: Коефіцієнт варіації показує ступінь відхилення отриманих значень від математичного очікування.

П1.11. Збирання віртуального приладу

Пояснення до збирання віртуального приладу розрахунку математичного очікування

П1.11.1. Після виведення на контрольну панель задавачів прибутку X_1 , X_2 , X_3 , X_4 та ймовірності його отримання P_1 , P_2 , P_3 , P_4 і занесення в них цифрових значень. Виводять ще Приймач МО1.

П1.11.2. Натискаємо на вільному місці панелі функцій. Виникає його спадаюче меню, рисунок П1.12.

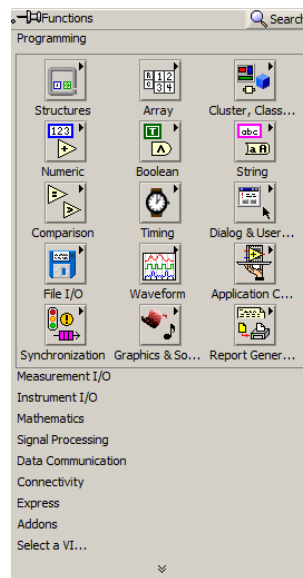


Рисунок П1.12. Спадаюче меню Панелі функцій

П1.11.3. В ньому обираємо рядок Експрес - Express и у меню що відкрилося, рисунок П1.13, обираємо піктограму Арифм та Порівн $(2,2)$ - Арифметика та Порівняння $(2, 2)$. Натискаємо ОК.

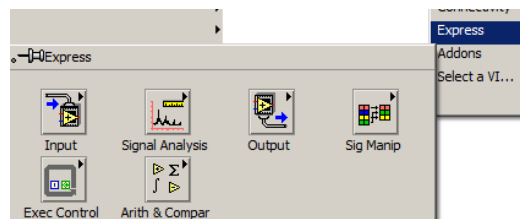


Рисунок П1.13. Піктограма Арифм та Порівн $(2,2)$ - Арифметика та Порівняння $(2, 2)$

П1.11.4. Відкривається меню Арифметика та Порівняння, рисунок П1.14.

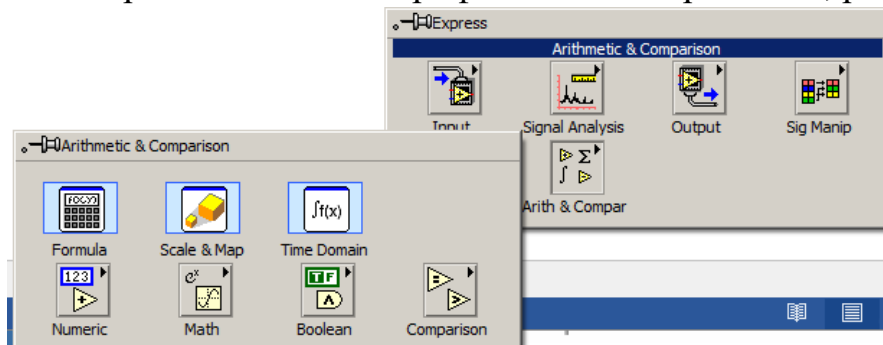


Рисунок П1.14. Меню Арифметика та Порівняння

П1.11.5. В ньому обираємо піктограму Формула (1, 1) - Formula (1,1) не відпускаючи ЛКМ перетягуємо її на Панель функцій, на екрані монітора виникає калькулятор для набору формули, рисунок П1.15.

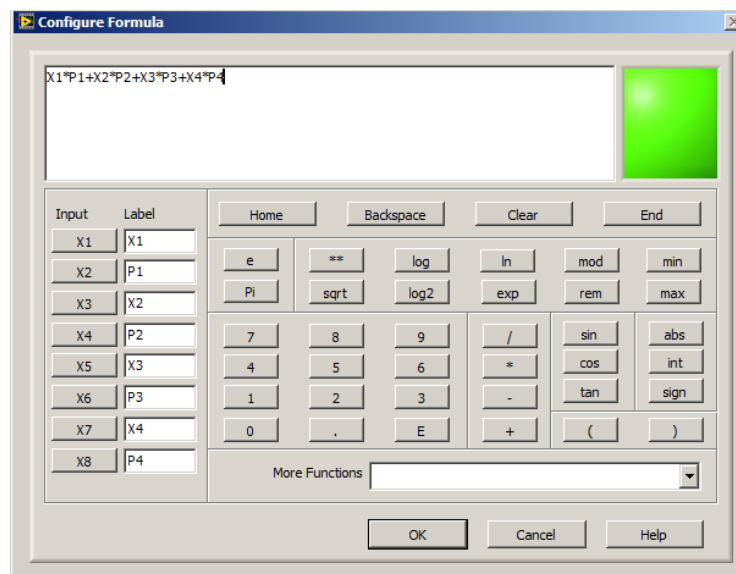


Рисунок П1.15. Калькулятор для набирання формули

П1.11.6. Набрати на екрані калькулятора необхідну формулу і значення складових формули занести у лівий вертикальний стовпчик калькулятора, як показано на рисунку П1.15.

П1.11.7. Перед запуском приладу слід зберегти занесені значення за допомогою **Вставки Редагування** з ВГ-ЛП та спадаючого меню **Зробити поточні значення по замовчуванню - Make Current Values Default**

П1.12. Пояснення до вибору коду УДК

65 - Керування підприємствами, організація виробництва, торгівлі і транспорту

65.012 - Методи:

.1 - Дослідження. Нагляд. Досліди.

.12 - Дослідження. Нагляд. Аналізи.

.122 - Дослідження планування і виробничих процесів. Дослідження операцій. Лінійне програмування . Вивчення досвіду підприємств.

П1.13. Пояснення до вибору коду продукту з ДКПП 016-97

Загальна структура цифрових кодів для утворення класифікаційних угруповань у ДКПП відповідає такій схемі:

- XX - розділ;
- XX.X - група;
- XX.XX - клас;
- XX.XX.X - категорія;
- XX.XX.XX - підкатегорія;
- XX.XX.XX.XXX - тип.

ПРАКТИКУМ 2.

Тема. Урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту.

Мета:

- закріплення теоретичних знань урахування чинників ризику і невизначеності при аналізі інвестиційних процесів і програм;
- отримання досвіду визначення ризику і невизначеності.

П2.1. Корегування параметрів інноваційного проекту

П2.1.1. Перевірка стійкості проекту

Для перевірки стійкості слід розробити і порівняти два сценарії розвитку інвестиційного проекту:

- а) **«Помірно песимістичний»** - варіант у найбільш ймовірних умовах;
- б) **«Песимістичний»** - варіант у найбільш несприятливих для його виконавців умовах.

Якщо у всіх проаналізованих варіантах **витримуються інтереси виконавців проекту**, а можливі несприятливі наслідки усуваються або компенсуються, то **проект вважається стійким**.

П2.1.2. Корегування параметрів проекту и нормативів

При виконанні розрахунків у проектах зазвичай користуються інформаційними матеріалами різного рівня достовірності:

- оцінкою окремих експертів, які можуть бути зацікавлені в оцінках;
- інформація з досвіду експлуатації систем і виробів.

У цих випадках використовують класифікацію інформації П, що наведена в таблиці П2.1. На її основі вхідний показник P_v , отриманий з інформації і-того

класу, при розрахунках корегується за допомогою коефіцієнта K_i , що залежить від класу інформації і виду оцінок [32]:

$$П = П_v \cdot K_i, \quad (П2.1)$$

Нижню границю поправкового коефіцієнта K_i^H використовують при розрахунках показників ефективності, а верхню - K_i^B - для розрахунку витрат.

Таблиця П2.1. Шкала кількісної оцінки корегування нормативів з урахуванням якості інформації [32].

Характеристика	Клас	Коефіцієнт	
		K^H	K^B
1. Інформація відсутня	0	1,00	0,01
2. Є обмежений досвід експлуатації виробу	10	0,80	0,20
3. Те ж у лабораторних або виробничих умовах	9	0,70	1,25
4. Є досвід експлуатації аналога	8	0,70	1,30
5. Те ж у лабораторних умовах	7	0,60	1,40
6. Є технологічне завдання	6	0,50	1,40
7. Проведені теоретичні розрахунки; є концепція	5	0,40	1,60
8. Проведена експертна оцінка	4	0,30	1,70
9. Є зарубіжна інформація про створення аналога	3	0,20	1,80
10. Є систематизована думка експертів	2	0,10	1,90
11. Публікація в окремих джерелах	1	0,07	2,00

Корегування параметрів проекту и нормативів передбачає:

а) використання поправкових коефіцієнтів, що ураховують достовірність інформації.

б) збільшення терміну реалізації окремих етапів роботи на середню величину затримок. Визначається експертно або за досвідом реалізації аналогічних проектів;

в) збільшення вартості елементів і етапів проекту в результаті проектних помилок і необхідності перепроєктування;

г) урахування запізнення платіжок, неритмічності поставок, понадпланових відмов обладнання.

П2.1.3 Визначення поправок на ризик до коефіцієнта дисконтування

Згідно спрощеної методики урахування ризику виконується сумуванням розрахункового коефіцієнта дисконтування d_p і коефіцієнта поправки на ризик f , приклади якого наведені в таблиці П2.2

Поправку ураховують формулою:

$$d = d_p + f, \quad (\text{П2.2})$$

Таблиця П2.2. Поправки на ризик до коефіцієнту дисконтування показників інвестиційного проекту.

Рівень ризику	Мета проекту	f
Дуже низький	Вкладення у державні облігації	~ 0
Низький	Вкладення в надійну техніку	3 - 5
Середній	Зростання обсягу реалізації	8 - 10
Високий	Серійне виробництво і попит на продукт або послугу	13 - 15
Дуже високий	Вкладення в дослідження і інновації	18 - 20

П2.1.4 Оцінка збитків або втраченого прибутку

Оцінка збитків Z_0 від декількох можливих ризиків:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n (f_i \pm \Delta f_i) \cdot k_{Ti} \cdot \delta_i \cdot \xi_i, \quad (\text{П2.3})$$

- де f_i - ймовірність конкретного типу ризику;
- Δf_i - коригування ймовірності ризику для умов конкретного проекту та збільшення ризику в зв'язку з умовами зберігання обладнання;
- k_{Ti} - коефіцієнт, що ураховує протяжність дії ризику;
- δ_i - доля частини проекту, що підпадає під ризик;
- ξ_i - збитки, що охоплюють негативну дію ризику.

П2.2. Приклад оцінки можливих збитків або втраченого прибутку

Умови розрахунку. Для проекту вартістю $V_{\Sigma}=7\,500\,000$ у.о. треба придбати обладнання на суму $V_{об}=200\,000$ у.о. За умовою придбане обладнання буде зберігатися на складі протягом трьох місяців. При зберіганні обладнання можливі виникнення наступних ризиків:

Їх кількісні значення наведені у таблиці П2.3

Таблиця П2.3. Кількісні значення умов прикладу.

Ризик	Ймовірність конкретного типу ризику та збільшення ризику в зв'язку з умовами зберігання, f_i , %	Коригування ймовірності ризику для умов конкретного проекту, Δf_i , %	Збитки, ξ_i , %
Пожежа	3	2	0,60
Вибух	10	3	0,60
Крадіжка	8	0	0,25

П2.2.1. Відносні річні збитки від ризиків Z_o за (П2.3):

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (f_i \pm \Delta f_i) \cdot k_{Ti} \cdot \delta_i \cdot \xi_i = ((3+2) \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 0,6) + ((10+3) \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 0,6) + ((8+0) \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 0,25) = 3,2 \%,$$

Для кращого освоєння нової термінології, ще раз пояснимо множники рівняння:

- де f_i - ймовірність конкретного типу ризику;
- Δf_i - коригування ймовірності ризику для умов конкретного проекту та збільшення ризику в зв'язку з умовами зберігання;
- k_{Ti} - коефіцієнт, що ураховує протяжність дії ризику;
- δ_i - доля частини проекту, що підпадає під ризик;
- ξ_i - збитки, що охоплюють негативну дію ризику.

П2.2.2. Можливі збитки в грошовому виразі $Зг$:

$$Зг = З_0 \cdot B_{об} = 0,032 \cdot 200000 = 6400$$

П2.2.3. Ймовірність ризику створення проекту в цілому f_0 :

$$f_0 = Z_0 \cdot \frac{B_{об}}{B_{\Sigma}} = 3,2 \cdot \frac{200000}{7500000} = 0,085\%$$

П2.2.4. Перевірка можливих збитків $З'_Г$:

$$З'_Г = (B_{\Sigma} \cdot K_i^B) \cdot f_0 = (7500000 \cdot 0,01) \cdot 0,085 = 6375$$

де $K_i^B = 0,01$ - верхня границя поправкового коефіцієнта розрахунку витрат, при створенні інноваційного проекту вперше, коли відсутня будь яка інформація про подібні розробки.

П2.3. Урахування невизначеності ризику і ефективності проекту

П2.3.1. Слід перевести всі, наведені нижче, аналітичні рівняння з символьного у машинний вигляд, дивись таблиці П2.4 і таблиці П2.5.

Таблиця П2.4. Переведення символьних параметрів у машинні.

Параметр	Символьний вигляд	Машинний вигляд	Розмірність	Значення			Джерело
				Початкове	Кінцеве	Крок	
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Ймовірність ризику пожежі,	f_p	f_p	%	3			Роз
2. Коригування ймовірності ризику пожежі	Δf_p	df_p	%.	2			Ум

Закінчення таблиці П2.4

1	2	3	4	5	6
3. Коефіцієнт дії ризику пожежі	k_p	K_p	квартал	0,25	Ум
4. Частина проекту, яка попадає під ризик пожежі	δ_p	D_p	Доля від одиниці	1	Ум
5. Збитки від пожежі	ξ_i	Z_p	в. о.	0,6	[]
6. Ймовірність ризику вибуху,	f_v	f_v	%	10	Роз
7. Коригування ймовірності ризику вибуху	Δf_v	df_v	%.	3	
8. Коефіцієнт дії ризику вибуху	k_v	K_v	квартал	0,25	Ум
9. Частина проекту, яка попадає під ризик вибуху	δ_v	D_v	Доля від одиниці	1	Ум
10. Збитки від вибуху	ξ_v	Z_v	в. о.	0,6	[]
11. Ймовірність ризику крадіжки,	f_k	f_k	%	8	Роз
12. Коригування ймовірності ризику крадіжки	Δf_k	df_k	%.	0	Ум
13. Коефіцієнт дії ризику крадіжки	k_k	K_k	квартал	0,25	Ум
14. Частина проекту, яка попадає під ризик крадіжки	δ_k	D_k	Доля від одиниці	1	Ум
15. Збитки від крадіжки	ξ_k	Z_k	в. о.	0,25	[]

Таблиця П2.5. Переведення символічних рівнянь по темі у машинні

Назва рівняння	Символьний вид	Машинний вид
1. Оцінка збитків Z_0 від декількох можливих ризиків	$Z_0 = \sum_{i=1}^n (f_i \pm \Delta f_i) \cdot k_{Ti} \cdot \delta_i \cdot \xi_i$	$Z_0 = R_{zp} + R_{zv} + R_{zk};$
2. Збитки від пожежі	$Z_p = (f_p + \Delta f_p) \cdot k_p \cdot D_p \cdot Z_p$	$R_{zp} = (f_p + \Delta f_p) \cdot K_p \cdot D_p \cdot Z_p;$
3. Збитки вибуху	$Z_v = (f_v + \Delta f_v) \cdot k_v \cdot D_v \cdot Z_v$	$R_{zv} = (f_v + \Delta f_v) \cdot K_v \cdot D_v \cdot Z_v;$
4. Збитки від крадіжки	$Z_k = (f_k + \Delta f_k) \cdot k_k \cdot D_k \cdot Z_k$	$R_{zk} = (f_k + \Delta f_k) \cdot K_k \cdot D_k \cdot Z_k;$
5. Можливі збитки в грошовому виразі	$Z_r = (Z_0/100) \cdot B_{об}$	$Z_{ua} = (Z_0/100) \cdot B_d;$
6. Перевірка можливих збитків	$f_o = Z_o \cdot \frac{B_{об}}{B_{\Sigma}}$	$F_0 = (Z_0 \cdot B_d) / B_c;$
7. Ймовірність ризику створення проекту в цілому	$Z'_r = \left(B_{\Sigma} \cdot K_i^B \right) \cdot f_o$	$Z = (B_c \cdot K_{vg}) \cdot Z_m;$

П2.3.2. Для спрощення отримання і аналізу варіантів урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту необхідно створити віртуальний прилад.

П2.3.3. Контрольну панель віртуального приладу урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту, представлено на рисунку П2.1.

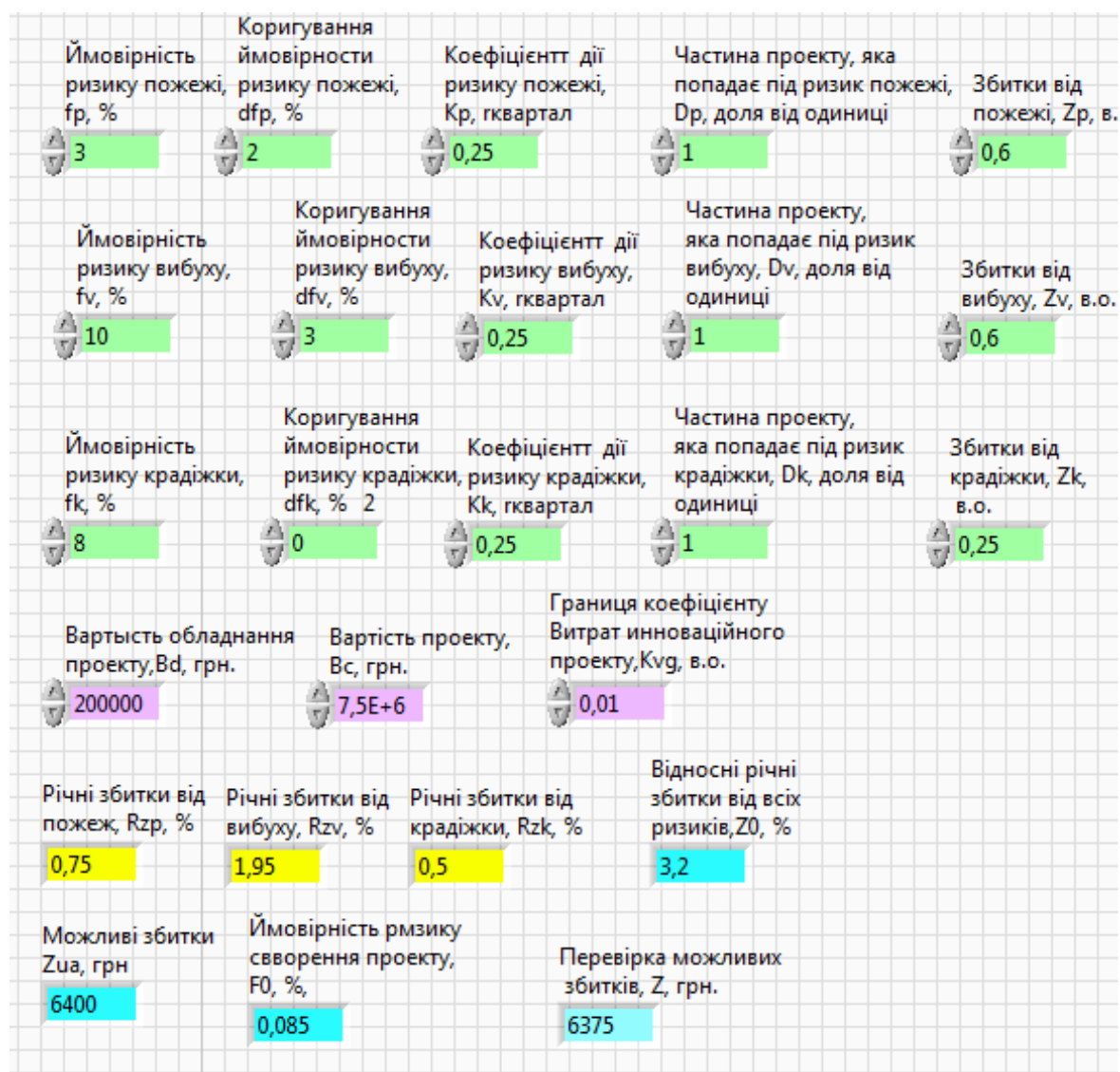


Рисунок П2.1. Контрольна панель віртуального приладу урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту

П2.3.4. На контрольну панель спочатку виносять всі задавачі, приклад їх піктограм, показано на рисунку П2.2 ліворуч. Одночасно на панелі функцій з'являються їх піктограми, рисунок П2.2 праворуч.

П2.3.7. Зібрати та налагодити віртуальний прилад урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту, згідно рисунку П2.1 і рисунку П2.4 і зберегти зібраній віртуальний прилад на робочій стіл ПЕОМ під назвою **Практичне заняття № 2 Урахування ризику**.

П2.3.8. Скласти методику і програму проведення досліджень за темою цього практичного заняття. В програмі вказати, які функції будуть досліджуватися, обрати крок варіювання змінних.

П2.3.9. Запустити прилад кнопкою Пуск - Run і провести дослідження за складеною програмою.

П2.3.10. Провести аналіз результатів дослідження і скласти Звіт у відповідності до вимог ДСТУ 3.008-95 Звіти в науці і техніці.

П2.4. Додатковий віртуальний прилад

П2.4.1. Контрольну панель віртуального приладу урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту, представлено на рисунку П2.5.

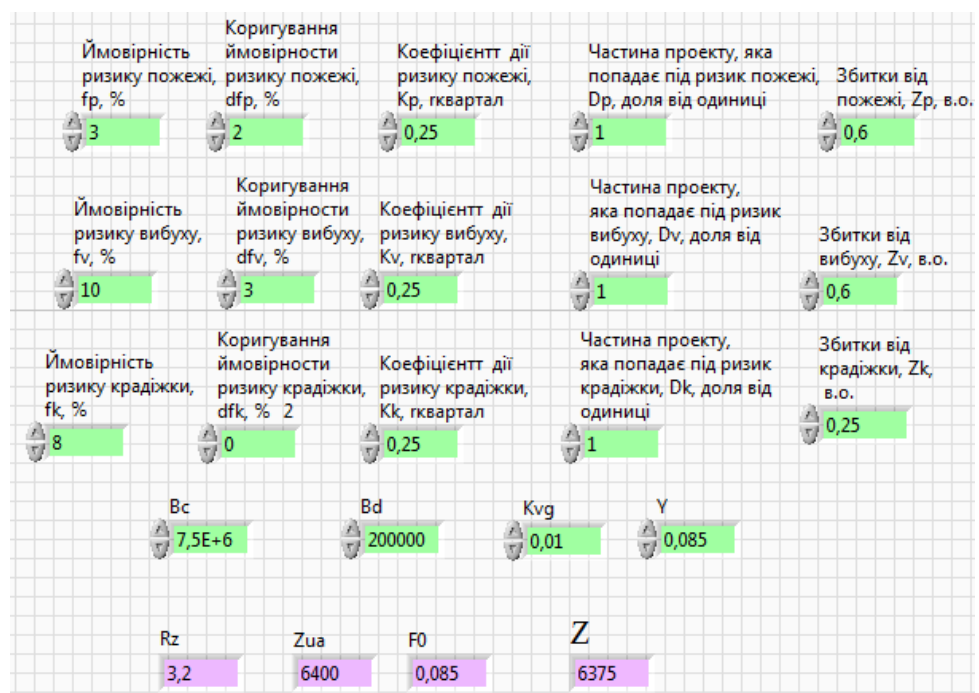


Рисунок П2.5. Контрольна панель віртуального приладу. Додаток

П2.4.2. Блок-схему віртуального приладу, додаток, урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту, представлено на рисунку П2.6.

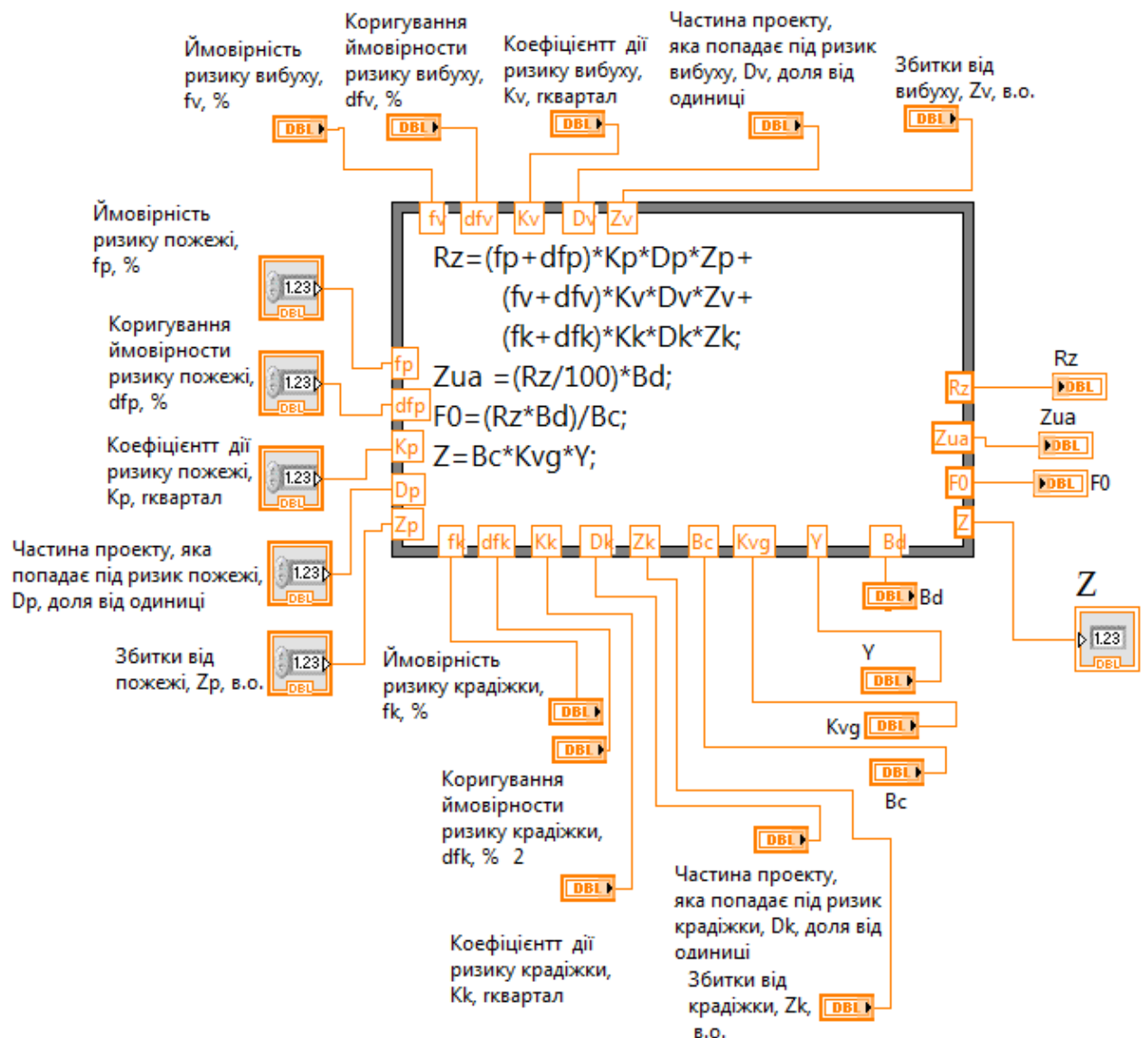


Рисунок П2.6. Блок-схему віртуального приладу, додаток, урахування невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту

П2.4.3. Зберегти зібраний віртуальний прилад на робочій столі ПЕОМ під назвою **Практичне заняття № 2 Урахування ризику. Додаток.**

П2.5. Висновки

П2.5.1. Несуттєва різниця між можливими збитками в грошовому виразі $Z_{г} = 6400$ і кількісним значенням перевірки можливих збитків $Z'_{г} = 6375$,

переконує в правильності обраного методу розрахунку ризику інноваційного проекту.

П2.6. Практичні рекомендації

П2.6.1. Аналіз значень відносних річних збитків від ризиків $Z_0 = 3,2 \%$ і ймовірності ризику створення проекту в цілому $f_0 = 0,085 \%$ прийнято рішення про доцільність страхування ризиків даного проекту.

П2.6.2. Якщо пропозиції компаній зі страхуванню ризиків перевищують розрахункові значення Z_0 и f_0 для даного проекту, то його страхування недоцільне і навпаки.

П2.6.3. При значних ризиках в проекті рекомендується заздалегідь передбачити наступні організаційно-економічні механізми, що дозволяють або понизити ризик, або зменшити пов'язані з ними несприятливі наслідки:

- розробку сценаріїв (правил) дії і поведінки учасників проекту при певних «нештатних ситуаціях»;
- утворення спеціального центру (штабу), що координує дії учасників проекту при значній зміні умов його реалізації.

П2.6.4. Доцільна розробка заходів по захисту інтересів учасників проекту при не-сприятливій зміні умов або недосягненні поставлених цілей, які зводяться, як правило, до наступного:

- орієнтацію при розрахунках на середню, а не надвисоку норму прибутку;
- зниження міри самого ризику (створення додаткових запасів і резервів, вдосконалення технології, підвищення якості послуг і продукції тощо);
- дублювання постачальників і резервуванні ринків збуту;
- зберігання запасів продукції і об'єктів в різних місцях;
- розділення партій при транспортуванні цінних вантажів;

- перерозподіл ризику між учасниками проекту (страхування), індексація цін, надання гарантій, система взаємних санкцій, запорука майна тощо).

П2.7. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання

Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання наведені у таблиці П2.6.

Таблиця П2.6. Вхідні данні для самостійного виконання

№ варіанту	Вартість проекту, грн	Вартість частини проекту, що сприймає ризикові події, грн	Ризики								
			Пожежа			Крадіжка			Вибух		
			f _i , %	Δf _i , %	ξ _i , %	f _i , %	Δf _i , %	ξ _i , %	f _i , %	Δf _i , %	ξ _i , %
1	1 000 000	300 000	5	3	23	6	2	40	5	3	62
2	780 000	80 000	6	2	21	2	3	60	9	5	51
3	1 200 000	150 000	4	1	56	8	1	95	6	3	84
4	1 100 000	200 000	8	6	84	4	6	85	3	2	59
5	650 000	300 000	9	8	59	7	8	15	4	6	65
6	400 000	250 000	4	5	48	2	5	84	8	9	56
7	500 000	350 000	6	4	78	3	4	73	2	8	54
8	260 000	250 000	9	6	20	9	9	21	1	1	56
9	270 000	36 500	7	9	12	4	7	23	9	2	21
10	1 000 000	359 000	10	7	59	1	5	59	6	3	78

ПРАКТИКУМ 3

Тема: Встановлення ризику придбання неякісних комплектуючих.

Теорема Басса (*Thomas Bayes* [beɪːz], 1702 — 7 квітня 1761)

Мета. Використання Формули Байеса - Теорема гіпотез для розрахунку умовної ймовірності виникнення ризикових ситуацій на виробництві.

ПЗ.1. Формула Басса - Теорема гіпотез

Одна з основних теорем, теорії ймовірності - є теорема Баєса (англ. математик Томас Баєс (/ Beɪz / 1701-1761).

Нехай маємо декілька незалежних і несумісних гіпотез $H_1, H_2, \dots, H_n$, Відомі ймовірності $P(H_i)$, $i = 1, \dots, n$, цих гіпотез до проведення уточнюючих досліджень і умовні ймовірності $P(A/H_i)$ події A , яка може відбутися тільки сумісно з однією гіпотезою [33].

Проведено дослідження, у результаті яких подія A відбулася, тоді **умовні ймовірності $P(H_i/A)$** :

$$P(H_i/A) = P(H_i)P(A/H_i)/P(A), \quad (\text{ПЗ.1})$$

де H_i - деякі гіпотези;

A - деяка подія;

$P(H_i)$ - апіорні ймовірності гіпотез;

$P(A/H_i)$ - апостеріорні ймовірності цих гіпотез (при умові, що подія A фактично відбулася).

Апіорна ймовірність заснована на минулому досвіді і імовірнісному аналізі.

В Баєсовій статистиці, **апостеріорна ймовірність** (з англ. Posterior probability) випадкових подій, або сумнівних тверджень являє собою умовну ймовірність, яка присвоюється після того, як були враховані відповідні докази.

Повна ймовірність події A:

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i)P(A/H_i). \quad (\text{ПЗ.2})$$

Найбільш поширеним методом є метод Байеса. Теорема Байеса дає залежність між ймовірностями різних гіпотез до і після виникнення події. Гіпотезами можуть бути, наприклад, думки фахівців про можливий розвиток тієї чи іншої проблемної ситуації. Підхід Баєса дозволяє корегувати думки при накопиченні досвіду. Тобто забезпечує навчання робітників в процесі прийняття рішень.

Теорема Баєса витікає з основної теореми ймовірностей про те, що ймовірність сумісного виникнення двох подій A і B дорівнює добутку умовної ймовірності виникнення події A при умові, що подія B вже виникла, на безумовну ймовірність виникнення події B або дорівнює добутку умовної ймовірності виникнення події B при умові, що подія A виникла, на **безумовну ймовірність виникнення події A:**

$$p(A \text{ і } B) = p(A/B) \cdot p(B) = p(B/A) \cdot p(A). \quad (\text{ПЗ.3})$$

Тоді з (3.3) витікає вираз для умовної ймовірності, що представляє теорему Байеса:

$$p(A/B) = [p(B/A) \cdot p(A)] / p(B). \quad (\text{ПЗ.4})$$

Ймовірність $p(A)$ підраховують до проведення експерименту, тому вона носить теоретичний, попередній характер. Ймовірність $p(A/B)$ заснована на

даних вже проведеного експерименту, тому більш точна с практичної точки зору.

Недоліком теореми Баєса є можливість відсутності достатнього обґрунтування даних про апіорні ймовірності гіпотез.

ПЗ.2. Встановлення ризику придбання неякісних комплектуючих

ПЗ.2.1. Вхідні умови. Для зменшення або попередження утворення на робочих поверхнях насосно-компресорних труб (НКТ) осаду асфальт смолистих парафінових відкладень (АСПВ) необхідно придбання якісних НКТ. На нафтогазовидобувне управління (НГВУ) надходять НКТ від трьох постачальників:

- 40 % НКТ надходить від постачальника 1;
- 50 % НКТ постачає виробниче підприємство 2;
- 10 % НКТ - експортні поставки від виробничої фірми 3.

Після проведення випробувань, які ураховують виробничі умови конкретного НГВУ встановлено, що відсоток бракованих НКТ відповідно дорівнює 1 %, 2 %, 4 %.

Для заміни НКТ, що повністю заглушені АСПВ відібрана щойно придбана партія НКТ, яка після вибіркового випробування вважається придатною до використання в виробничих умовах даного НГВУ.

Завдання.

Визначити ризик використання (ймовірність) того, що ця партія НКТ придбана у Постачальника 1, якій на протязі останніх 10 років постачав до НГВУ насосно-компресорні труби з мінімальним відсотком порушення технічних умов виробництва НКТ.

ПЗ.2.2. Реалізація завдання, яке поставлено перед інженером

Нехай подія A - обрана для заміни НКТ є такою, що повністю відповідає технічним умовам виробництва НКТ.

Можливі три гіпотези H_1 , H_2 , H_3 - взяті для заміни НКТ надійшли, відповідно від 1, 2, 3 постачальника.

Ймовірність кожної з гіпотез визначається з умов завдання:

$$P(H_1) = 0,4; P(H_2) = 0,5; P(H_3) = 0,1.$$

Відповідні умовні ймовірності події A :

$$P(A/H_1) = 1 - 0,01 = 0,99;$$

$$P(A/H_2) = 1 - 0,02 = 0,98;$$

$$P(A/H_3) = 1 - 0,04 = 0,96.$$

Де від'ємне є відсоток бракованих НКТ.

Повна ймовірність події A :

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A/H_i) = 0,4 \cdot 0,99 + 0,5 \cdot 0,98 + 0,1 \cdot 0,96 = 0,982.$$

Умовна ймовірність гіпотези H_1 (якісна труба НКТ від постачальника 1):

$$P(H_1/A) = \frac{P(H_1)P(A/H_1)}{P(A)} = \frac{0,4 \cdot 0,99}{0,982} = 0,403,$$

$P(H_1)$ - ймовірність події 1;

$P(A/H_1)$ - умовні ймовірності події A ;

$P(A)$ - повна ймовірність події A .

Умовна ймовірність гіпотези H_2 (якісна труба НКТ від постачальника 2):

$$P(H_2/A) = \frac{P(H_2)P(A/H_2)}{P(A)} = \frac{0.5 \cdot 0.98}{0.982} = 0.499$$

Умовна ймовірність гіпотези H_3 (якісна труба НКТ від постачальника 3):

$$P(H_3/A) = \frac{P(H_3)P(A/H_3)}{P(A)} = \frac{0.1 \cdot 0.96}{0.982} = 0.098$$

Збитки z_i , що обумовлені наявністю браку у першого, другого і третього постачальників пропорційні наявності браку і відповідно складають 1 %, 2 % та 4 % втраченого прибутку. Це обумовлено витратами для відновлення можливості безперебійного функціонування НКТ, тобто очищення НКТ від АСПВ.

Тоді з урахуванням (3.1) і (3.5) ризик використання придбаних у вказаних постачальників НКТ

$$R_1 = P(H_1/A) \cdot z_1 = 0,403 \cdot 0,01 = 0,00403;$$

$$R_2 = P(H_2/A) \cdot z_2 = 0,499 \cdot 0,02 = 0,00998;$$

$$R_3 = P(H_3/A) \cdot z_3 = 0,098 \cdot 0,04 = 0,00392;$$

Розрахунки показують, що:

- ризик використання 40 % НКТ від першого постачальника з 1 % браку складає 0,00403 в.о. втраченого прибутку;
- ризик використання 50 % НКТ від першого постачальника з 2 % браку складає 0,0099 в.о. втраченого прибутку;
- ризик використання 10 % НКТ від першого постачальника з 4 % браку складає 0,0039 в.о. втраченого прибутку.

Приклад 2. Виробництво водяних насосів має три постачальника комплектуючих до насосів - заводи А, Б, В. Частка заводу А складає 50 % загального обсягу постачання, Б - 30 %, В - 20 %. Оскільки заводи - постачальники комплектуючих до насосів, мають обладнання різного ступеню зношеності, то багаторічний досвід показав, що 10 % комплектуючих, що постачаються заводом А мають відхилення від нормативних документів, завод Б постачає 5 % комплектуючих з відхиленням від норм і завод В -6 %

Визначити

1. Яка ймовірність того, що взята навмання деталь отримана з заводу А?
2. Яка ймовірність того, що взята навмання деталь має відхилення від нормативних документів і крім того її постачальник завод А?

Реалізація виробничого завдання

1. Так як 50 % комплектуючих деталей постачається заводом А, то ймовірність того, що взята навмання деталь поставлена заводом А складає $p(A) = 0.5$. На рисунку ПЗ.1. представлено дерево ймовірності.

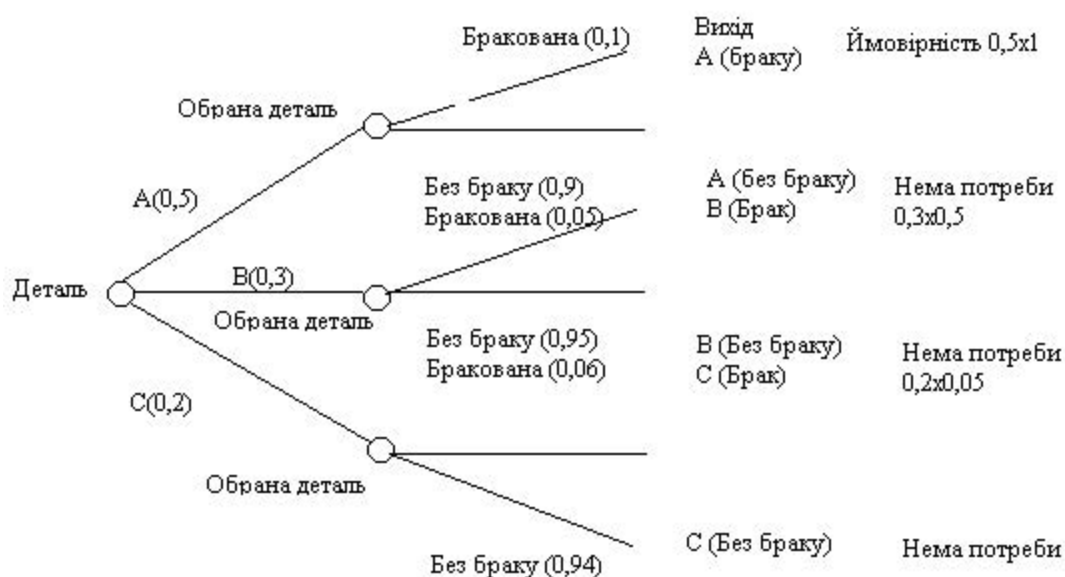


Рисунок ПЗ.1. Дерево ймовірності

Аналіз дерева ймовірностей, рисунок ПЗ.1, дає змогу встановити, що ймовірність браку:

$$(0.5 \cdot 0.1) + (0.3 \cdot 0.05) + (0.2 \cdot 0.06) = 0.077$$

Тобто, з кожних 1000 штук маємо 77 бракованих деталей.

Доля заводу А у загальній кількості браку:

$$p(A) = (0.5 \cdot 0.1) / 0.077 = 0.65,$$

тобто ймовірність того, що обрана деталь отримана від заводу А є бракованою збільшилася з 0.5 до 0.65.

За формулою Баєса:

$$P(A \text{ з браком}) = p(A \text{ і з браком}) / p(\text{з браком}) =$$

$$= (0.5 \cdot 0.1) / [(0.5 \cdot 0.1) + (0.3 \cdot 0.05) + (0.2 \cdot 0.06)] = (0.5 \cdot 0.1) / 0.077 = 0.65$$

Тобто, ймовірність того, що отримана бракована деталь поставлена Заводом А, дорівнює 0.65

ПЗ.3. Висновки (складаються самостійно)

ПЗ.4. Практичні рекомендації (складаються самостійно)

ПЗ.5. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання

ПЗ.5.1. Яка ймовірність того, що взята навмання деталь отримана від постачальника 1?

ПЗ.5.2. Яка ймовірність того, що взята навмання деталь має відхилення від нормативних документів? Варіанти завдань наведено у таблиці ПЗ.1.

Таблиця ПЗ.1. Варіанти для самостійної реалізації і аналізу

Варіант для самоконтролю	1		2		3		4		5	
	% пост авок	% бра к	% пост авок	% бра к	% поста вок	% бра к	% пост авок	% брак	% поста вок	% бра к
1-й постачальник	30	3	20	2	10	4	5	3	30	2
2-й постачальник	50	3	50	2	50	3	50	2	5	4
3-й постачальник	20	1	30	1	40	1	45	1	65	1
Варіант для самоконтролю	6		7		8		9		10	
	% пост авок	% бра к	% пост авок	% бра к	% поста вок	% бра к	% пост авок	% брак	% поста вок	% бра к
1-й постачальник	25	1	30	3	30	2	30	3	5	2
2-й постачальник	5	2	10	2	20	1	30	2	25	2
3-й постачальник	70	3	60	1	50	3	40	1	70	2
Варіант для самоконтролю	11		12		13		14		15	
	% пост авок	% бра к	% пост авок	% бра к	% поста вок	% бра к	% пост авок	% брак	% поста вок	% бра к
1-й постачальник	10	5	20	2	30	1	30	3	50	2
2-й постачальник	10	4	10	3	10	1	20	2	30	6
3-й постачальник	80	2	70	5	60	3	50	4	20	5
Варіант для самоконтролю	16		17		18		19		20	
	% пост авок	% бра к	% пост авок	% бра к	% поста вок	% бра к	% пост авок	% брак	% поста вок	% бра к
1-й постачальник	45	3	45	5	45	2	45	1	45	3
2-й постачальник	45	5	5	4	10	3	15	3	20	2
3-й постачальник	10	4	50	3	45	4	40	5	35	1

Закінчення таблиці ПЗ.1

Варіант для самоконтролю	21		22		23		24		25	
	% пост авок	% бра к	% пост авок	% бра к	% поста вок	% бра к	% пост авок	% брак	% поста вок	% бра к
1-й постачальник	5	3	10	2	20	1	30	2	40	2
2-й постачальник	40	4	30	4	20	1	10	2	5	1
3-й постачальник	55	2	60	3	60	6	60	5	55	3

ПЗ.6. Парадокс Баєсової моделі

Нехай щільність розподілу випадкової величини X є сумішшю двох додатніх щільностей: $f_p(x) = pf_0(x) + (1-p)f_1(x)$, де $0 \leq p \leq 1$. Значення параметру p невідоме, і при досить великих n ми сподіваємося оцінити його з довільною наперед заданою точністю за незалежними спостереженнями X . Для розв'язання задачі ми хочемо скористатися теоремою Байєса: виберемо число p_0 , $0 < p_0 < 1$ і припустимо, що *апріорна* щільність розподілу дорівнює $p_0f_0(x) + (1-p_0)f_1(x)$. Тоді *апостеріорна* щільність розподілу запишеться у вигляді $p_nf_0(x) + (1-p_n)f_1(x)$, де

$$\frac{p_n}{1-p_n} = \frac{p_0}{1-p_0} \prod_{i=1}^n \frac{f_0(X_i)}{f_1(X_i)}.$$

Використовуючи елементи вибірки, дійсно можна знайти значення параметру з наперед заданою точністю, якщо з імовірністю 1.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p_n}{1-p_n} = \frac{p}{1-p}.$$

Але ця рівність не завжди виконується. Наприклад, якщо математичне сподівання величини $\log \frac{f_0(X)}{f_1(X)}$ дорівнює нулю, то за теоремою Чжуна-Фукса

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} \frac{p_n}{1-p_n} = \infty, \text{ і } \liminf_{n \rightarrow \infty} \frac{p_n}{1-p_n} = 0,$$

значить, $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p_n}{1-p_n}$ в цьому випадку навіть не існує. Парадоксу не буде, якщо

замість $(p_0, 1 - p_0)$ взяти *апріорний* розподіл, який має щільність імовірності, додатну на всьому інтервалі $(0, 1)$. Така модель краща, бо істинна щільність $f_p(x)$ враховується з додатною імовірністю.

ПРАКТИКУМ 4

Тема. Оцінка ризику наявності порушень виробничого циклу

Мета. Закріплення методів математичного програмування для визначення оптимальної виробничої програми та кількісного визначення ризику порушення поточної технології виробництва.

П4.1. Методи математичного програмування для визначення оптимальної виробничої програми

Оптимальні рішення при створенні виробничих програм порушуються випадковим порушенням технологічної дисципліни виконавців. До найбільш суттєвих порушень можливо віднести невиконання договірних обов'язків сторін, а саме, порушення термінів виконання поставок комплектуючих суміжниками. Договірні санкції у випадку неналежного виконання договірних умов не достатньо дієві. Цим пояснюється велике практичне значення стохастичного програмування або програмування в умовах невизначеності, яке враховує випадковість різних елементів, які входять як в критерії оптимальності, так і в обмеження задачі. В деяких моделях велике значення має ймовірність підтримання належних виробничих умов.

Будемо вважати, що для вирішення задачі програмування, що визначає місячний оптимальний план виробництва цеху, потрібна ймовірність того, що у поточному місяці суміжні виробники виконають план постачання вузлів і напівфабрикатів.

Позначимо цю невідому ймовірність Θ [1]. Це може бути будь яке число в інтервалі $[0, 1]$ - Ω . Задача інженера визначити ймовірність $\Theta \in \Omega$. Позначимо через $A = [0, 1]$ область рішень інженера. Рішення $a \in A$ буде оцінкою ймовірності Θ . Приймаємо квадратичну функцію втрат $L(\Theta, a) = (\Theta - a)^2$. Нехай

інженер бажає оцінити ймовірність Θ на основі інформації про виконання поставок у попередньому місяці.

Позначимо простір вибірок $X=\{W, N\}$, де W - відповідає події, яка полягає в тому, що у попередньому місяці мало місце 100 % виконання сумісниками своїх обов'язків, а N - протилежна подія. Позначимо далі через d не рандомізовану функцію рішення інженера, яка відображає простір вибірок X у області рішень A . Так як інженер може спостерігати лише W або N , функції рішення визначаються наступним чином:

$$d(W)=a_1; \quad d(N)=a_2, \quad (\text{П4.1})$$

де $a_1 \in A, a_2 \in A$

Для повного опису структури статистичної гри (Ω, D, R) необхідно сформулювати ще **функцію Ризику $R(\Theta, p)$** [32]. Приймаємо, що $P\{W|\Theta\}=\Theta$ і $P\{N|\Theta\}=1 - \Theta$. Тобто $E_\Theta = P\{W|\Theta\} + P\{N|\Theta\}$. Тоді функція Ризику буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} R(\theta, d) &= E_\theta L(\theta, a) = [P(W|\theta) + P(N|\theta)] \cdot L(\theta, a) = (\theta - a_1)^2 \cdot \theta + (\theta - a_2)^2 \cdot (1 - \theta) = \\ &= \left(\theta^2 - 2\theta \cdot a_1 + a_1^2 \right) \cdot \theta + \left(\theta^2 - 2\theta \cdot a_2 + a_2^2 \right) \cdot (1 - \theta) = \\ &= \theta^3 - 2\theta^2 a_1 + \theta \cdot a_1^2 + \theta^2(1 - \theta) - 2\theta \cdot a_2(1 - \theta) + a_2^2(1 - \theta) = \quad (\text{П4.2}) \\ &= \theta^3 - 2\theta^2 a_1 + \theta \cdot a_1^2 + \theta^2 - \theta^3 - 2\theta \cdot a_2 + 2\theta^2 a_2 + a_2^2 - \theta \cdot a_2^2 = \\ &= -2\theta^2 a_1 + \theta^2 + 2\theta^2 a_2 + \theta \cdot a_1^2 - 2\theta \cdot a_2 - \theta \cdot a_2^2 + a_2^2 = \\ &= (1 + 2a_2 - 2a_1) \cdot \theta^2 + \left(a_1^2 - a_2^2 - 2a_2 \right) \cdot \theta + a_2^2. \end{aligned}$$

Знайдемо оптимальну не рандомізовану функцію рішення шляхом визначення функції Баєса. Припустимо, що для ряду місяців ймовірність Θ

відсутності порушень постачання буде випадковою величиною з Бета - розподіленням [32], параметри якого $p > 0$ і $q > 0$,

$$f(\theta, d) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, x \geq 1: \\ \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p) \cdot \Gamma(q)} \theta^{p-1} (1-\theta)^{q-1} & \text{при } 0 < \theta < 1; \\ p > 0, \quad q > 0 \end{cases}$$

Функція щільності має вигляд:

$$g(\theta) = \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p) \cdot \Gamma(q)} \theta^{p-1} (1-\theta)^{q-1} \text{ при } \Theta \in [0, 1]. \quad (\text{П4.3})$$

Трактування цього Бета-розподілення як апіорне розподілення ξ випадків події $\Theta \in \Omega = [0, 1]$, можливо визначити Баєсовий ризик [33, 35]:

$$\begin{aligned} R(\theta, d) = E_d R(\theta, d) = \int_{\Omega} R(\theta, d) d\theta = & \int_0^1 (1+2a_2-2a_1) \cdot \theta^2 \cdot g(\theta) d\theta + \int_0^1 (a_1^2 - a_2^2 - 2a_2) \cdot \theta \cdot g(\theta) d\theta + \\ & + \int_0^1 a_2^2 \cdot g(\theta) d\theta = (1+2a_2-2a_1) E(\theta^2) + (a_1^2 - a_2^2 - 2a_2) E(\theta) + a_2^2, \end{aligned} \quad (\text{П4.4})$$

де $m_1 = E(\Theta)$ - перший початковий момент, або математичне очікування випадкової змінної Θ , яка має бета-розподілення з функцією щільності $g(\Theta)$;

$m_2 = E(\Theta^2)$ - другий початковий момент.

Варіаційний ряд розподілу може характеризуватися системою статистик, які мають загальний математичний вираз і носять назву **моментів розподілу**. В цій системі знаходять своє відображення (місце) такі узагальнюючі характеристики ряду, як середня і дисперсія.

Система моментів розподілу вперше була розроблена російським математиком П. Л. Чебишевим.

З теорії ймовірностей відомо, що для Бета-розподілення перший і другий моменти являють собою функції параметрів p і q :

$$m_1 = E(\theta) = \frac{p}{p+q}; \quad (\text{П4.5})$$

$$m_2 = E(\theta^2) = \frac{p(p+1)}{(p+q+1)(p+q)}. \quad (\text{П4.6})$$

Тоді Баєсовий ризик є функція цих початкових моментів:

$$R(\theta, d) = (1+2a_2-2a_1)m_2 + (a_1^2-a_2^2-2a_2)m_1 + a_2^2. \quad (\text{П4.7})$$

При визначенні функції Баєса рішення, яка мінімізує ризик для даного апріорного розподілення Θ , потрібно диференціювати вираз для ризику $R(\Theta, p)$ за a_1 і a_2 , котрі будуть рішеннями, які відповідають події W або N , що спостерігається.

Згадаємо правила диференціювання функцій. З комутативності множення і правила Лейбніця:

$$\partial(x^2) = x\partial x + \partial(x)x = 2x\partial(x);$$

$$\partial(mx) = m\partial(x).$$

Звідси отримуємо:

$$\frac{\partial R(\theta, d)}{\partial a_1} = -2m_2 + 2a_1m_1; \quad (\text{П4.8})$$

$$\frac{\partial R(\theta, d)}{\partial a_2} = 2m_2 - 2a_2m_1 - 2m_1 + 2a_2 \quad (\text{П4.9})$$

Порівнюючи похідні нулю, отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_1 m_1 = m_2; \\ a_2 - a_2 m_1 = m_1 - m_2. \end{cases} \quad (\text{П4.10})$$

Рішенням цієї системи рівнянь буде:

$$a_1 = \frac{m_2}{m_1} \quad \text{і} \quad a_2 = \frac{m_1 - m_2}{1 - m_1}, \quad (\text{П4.11})$$

Де m_1 - перший (4.5), m_2 - другий (4.6) початкові моменти апіорного розподілення параметру Θ при Бета-розподіленні.

П4.2. Визначення ризику порушення технології виробництва

Проведемо Баєсове оцінювання ймовірності безперервного технологічного процесу виробництва.

П4.2.1. Постановка завдання.

З урахуванням подій W або N необхідно оцінити ймовірність Θ відсутності зупинок технологічних операцій, в зв'язку з порушенням планів постачання комплектуючих суміжними виробництвами у даному місяці.

Нехай Θ має бета - розподілення з параметрами $p=3$, $q=1$.

Бета-розподіл в теорії ймовірностей - двох параметричне сімейство абсолютно неперервних розподілів. Використовується для опису випадкових величин, значення яких обмежені кінцевим інтервалом.

Функція щільності цього розподілення має вигляд:

$$g(\theta) = \frac{\Gamma(3+1)}{\Gamma(3) \cdot \Gamma(1)} \theta^{3-1} (1-\theta)^{1-1} = 3\theta^2 \quad \text{при } \Theta \in [0, 1]. \quad (\text{П4.12})$$

Графік функції щільності цього розподілення показаний на рисунку П4.1

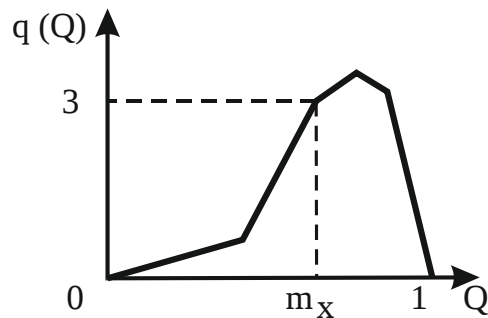


Рисунок П4.1. Функція щільності $q(Q)$ випадкової змінної Q

П4.2.2. Реалізація завдання по встановленню ступеню ризику порушення поточної технології виробництва

В цьому розподіленні значення ймовірності Θ , що наближаються до 1, мають значно більшу щільність, ніж значення, що близькі до 0. Таке допущення правомірне до поставленої задачі.

З урахуванням взаємозв'язку між моментами m_1 і m_2 і параметрами $p=3$ і $q=1$ Бета-розподілення отримуємо:

$$m_1 = \frac{p}{p+q} = \frac{3}{3+1} = \frac{3}{4} \quad \text{і} \quad m_2 = \frac{p(p+1)}{(p+q+1)(p+q)} = \frac{3(3+1)}{(3+1+1)(3+1)} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}.$$

Звідки Баєсова функція рішення:

$$d(W) = a_1 = \frac{m_2}{m_1} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{3}{4}} = \frac{3 \cdot 4}{3 \cdot 5} = \frac{4}{5} = 0,8;$$

$$d(N) = a_2 = \frac{m_1 - m_2}{1 - m_1} = \frac{\frac{3}{4} - \frac{3}{5}}{1 - \frac{3}{4}} = \frac{\frac{3}{20}}{\frac{1}{4}} = \frac{3 \cdot 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6.$$

Таким чином, оцінкою ймовірності Θ події, що полягає у безперебійній роботі технологічної лінії виробництва у даному місяці завдяки сумлінному виконанню договірних умов постачальниками комплектуючих буде число $d(W)=0,8$. Якщо у минулому місяці також не було перерви з постачанням комплектуючих від суміжників, тоді оцінкою цієї ймовірності буде число $d(N)=0,6$.

В прикладі, що розглянуто передбачалося знання апіорного розподілення ймовірності відсутності порушення терміну договірних поставок комплектуючих виробів суміжниками.

У деяких випадках апіорне розподілення невідомо. Крім того інженер повинен передбачати і можливі гірші варіанти, тобто проводити більш обережну оцінку можливого ризику. У цьому випадку слід користуватися не Баєсовою, а **мінімаксною оцінкою ризику**.

П4.2.3. Мінімаксна оцінка ризику

Визначаємо спочатку рівноважну функцію рішення, для якої ризик не залежить від Θ . З формули функції ризику $R(\Theta, p)$, виходить, що ця функція не залежить від Θ , тоді, як:

$$1 + 2a_2 - 2a_1 = 0 \quad \text{і} \quad a_1^2 - a_2^2 - 2a_2 = 0$$

Рішення цієї системи рівнянь дає :

$$a_1 = \frac{m_2}{m_1} = \frac{p}{p+q} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{3}{5} + \frac{4}{5}} = \frac{3 \cdot 4}{3 \cdot 5} = \frac{4}{5} = 0,8;$$

$$a_2 = \frac{m_1 - m_2}{1 - m_1} = \frac{(p+q) \cdot p}{(p+q+1) \cdot (p+q)} = \frac{(3+1) \cdot 3}{(3+1+1) \cdot (3+1)} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$d(W) = a_1 = \frac{m_2}{m_1} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{3}{4}} = \frac{3 \cdot 4}{3 \cdot 5} = \frac{4}{5} = 0,8;$$

$$d(N) = a_2 = \frac{m_1 - m_2}{(1 - m_1)} = \frac{\frac{3}{4} - \frac{3}{5}}{1 - \frac{3}{4}} = \frac{\frac{20}{20}}{\frac{1}{4}} = \frac{3 \cdot 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6$$

Функції $d(W) = a_1 = 4/5 = 0,8$ і $d(N) = a_2 = 3/5 = 0,6$ є врівноважуючи, тоді постійний ризик:

$$\begin{aligned} R(\theta, p) &= (1 + 2a_2 - 2a_1)m_2 + (a_1^2 - a_2^2 - 2a_2)m_1 + a_2^2 = \\ &= (1 + 2 \cdot 0,6 - 2 \cdot 0,8) \cdot 0,6 + (0,8^2 - 0,6^2 - 2 \cdot 0,6) \cdot 0,8 + 0,6^2 = \\ &= (1 + 1,2 - 1,6) \cdot 0,6 + (0,64 - 0,36 - 1,2) \cdot 0,8 = 0,6 \cdot 0,6 + (-0,92 \cdot 0,8) + 0,36 = \\ &= 0,36 - 0,736 + 0,36 = 0,016 \\ R(\theta, d) &= 1/16 = 0,016. \end{aligned}$$

Для того, щоб переконатися, що ця функція рішення буде мінімаксною, достатньо довести, що вона Баєсова відносно деякого апіорного розподілення параметра Θ .

Візьмемо у якості апіорного розподілення Θ бета - розподілення з параметрами $p = q = 0,5$.

Тоді:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{p}{p+q} = \frac{0,5}{0,5+0,5} = 0,5 \quad \text{і} \\ m_2 &= \frac{(p+1) \cdot p}{(p+q+1)(p+q)} = \frac{(0,5+1) \cdot 0,5}{(0,5+0,5+1)(0,5+0,5)} = \frac{0,75}{2} = 0,375 \end{aligned}$$

Звідки Баєсова функція рішення:

$$d(W) = \frac{m_2}{m_1} = \frac{0,375}{0,5} = 0,75 \quad \text{і} \quad d(N) = \frac{m_1 - m_2}{(1 - m_1)} = \frac{0,5 - 0,375}{1 - 0,5} = \frac{0,125}{0,5} = 0,25.$$

Згідно з теоремою функція рішення $d(W) = 0,75$ і $d(N) = 0,25$ є мінімаксною, тобто дає мінімаксну оцінку ймовірності Θ невиконання договірних умов постачання комплектуючих суміжними організаціями.

Нехай, ця мінімаксна функція рішення узгоджується з мінімаксною оцінкою параметра Θ у біноміальному розподіленні, отриманою Дж. Ходжесом і Е. Леманом [34]. Ця оцінка мала вигляд:

$$d(x) = \frac{x + \frac{1}{2}\sqrt{n}}{\sqrt{n+1}}$$

Прийнявши $n=1$ і призначивши події W число 1, а події N - число 0, отримаємо доведену мінімаксну функцію рішення.

З формули мінімаксної оцінки параметра Θ в біноміальному розподіленні для одного спостереження у виборці виходить, що

$$d(W) = \frac{1 + \frac{1}{2}}{1+1} = \frac{3}{4} = 0,75 \quad \text{і} \quad d(N) = \frac{0 + \frac{1}{2}}{1+1} = \frac{1}{4} = 0,25$$

Коли нема необхідної інформації про апіорне розподілення, замість Беєсових оцінок ймовірності Θ можливо використовувати у задачах стохастичного програмування їх мінімаксну оцінку, тобто 0,75, якщо у минулому місяці спостерігалася подія W , і 0,25, якщо спостерігалася подія N .

П4.3. Висновки (складаються самостійно)

П4.4. Практичні рекомендації (складаються самостійно)

П4.5. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання

1. Оцінити ймовірність Θ відсутності зупинок технологічних операцій, в зв'язку з порушенням планів постачання комплектуючих суміжними виробництвами у даному місяці.

Нехай Θ має бета - розподілення з параметрами $p=3$, $q=1$.

Варіанти для самостійної реалізації і контролю наведені в таблиці П4.1

Таблиця П4.1. Варіанти для самостійної реалізації і аналізу

Варіанти для самоконтролю	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметр p	1	2	4	5	6	2	3	4	5	6
Параметр q	3	4	5	4	3	4	4	5	5	6
Ймовірність Θ відсутності зупинок технологічних операцій										
Варіанти для самоконтролю	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Параметр p	3	4	5	4	3	4	4	3	8	6
Параметр q	1	2	4	4	6	2	3	5	5	1
Ймовірність Θ відсутності зупинок технологічних операцій										
Варіанти для самоконтролю	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Параметр p	6	5	4	5	8	1	3	4	5	6
Параметр q	2	3	5	4	3	1	3	4	5	6
Ймовірність Θ відсутності зупинок технологічних операцій										

П4.6. Парадокси методу максимальної правдоподібності

А) Історія парадоксу

Метод максимальної правдоподібності (ММП) є одним з найбільш ефективних методів оцінювання невідомих параметрів. Отримав поширення в 20-і роки нашого сторіччя завдяки роботам англійського статистика Р. Фішера. І хоча у Фішера були попередники, саме його робота, написана в 1912 р., зіграла в цьому вирішальну роль. Нагадати суть методу. Оцінка максимальної правдоподібності (ОМП) має ряд гарних властивостей. Наприклад, якщо $\bar{\theta}$ - ОМП параметра θ , то $g(\bar{\theta})$ - ОМП для $g(\theta)$. При досить загальних умовах ОМП поводить себе як нормально розподілена випадкова величина з середнім θ і дисперсією $1/nI(\theta)$, значить, $\bar{\theta}$ - слушна оцінка, і її дисперсія асимптотично мінімальна (тобто сама оцінка асимптотично ефективна). Більш того, якщо

достатня статистика існує, то ММП приводить до функції від цієї достатньої статистики.

Б) Парадокси

i) Нехай $X_1, X_2, \dots, X_n$ - незалежні випадкові величини, рівномірно розподілені на інтервалі $(\theta, 2\theta)$. ОМП невідомого параметра $\theta \in \max(X_i/2)$. Розглянемо трохи іншу оцінку:

$$\tilde{\theta} = \frac{2n+2}{2n+1} \max \frac{X_i}{2},$$

яка є незміщеною оцінкою θ з дисперсією $D^2(\tilde{\theta}) = 1/4n^2$. З іншого боку,

дисперсія оцінки $\frac{n+1}{5n+4}(\min X_i + 2 \max X_i)$ асимптотично еквівалентна $1/5n^2$,

значить, ця оцінка більш ефективна, ніж ОМП, яка має найбільшу асимптотичну ефективність.

ii) Наведемо простий приклад, який показує, що ОМП не завжди слушна. Нехай A - множина раціональних чисел між 0 та 1, а B - деяка зліченна множина ірраціональних чисел між 0 і 1. Припустимо, що значеннями незалежних елементів вибірки є тільки 0 і 1, причому значення 1 приймається з імовірністю θ , якщо θ - елемент множини A , і з імовірністю $1 - \theta$, якщо θ - елемент B . Тоді ОМП для θ не є слушною. (Деяка більш складна слушна оцінка для θ все ж існує.)

П4.7. Парадоксальне оцінювання ймовірності

Оцінкою невідомої ймовірності, як правило, служить відносна частота. Наприклад, якщо при 100 підкиданнях монети герб випав 47 разів, то оцінкою ймовірності випадання герба й буде 47/100. Але якщо при 10 підкиданнях більш чи менш правильної монети герб жодного разу не з'явився, то нема підстав вважати, що ймовірність випадання герба дорівнює 0. При наявності деякої *априорної* інформації (наприклад, що монета більш чи менш правильна)

оцінювання через відносну частоту, взагалі кажучи, не є кращим способом. Наша апріорна інформація добре виражається через бета-розподіл, який залежить від двох параметрів a і b . Щільність бета-розподілу дорівнює нулю поза інтервалом $(0, 1)$ і пропорційна $x^{a-1}(1-x)^{b-1}$ на $(0, 1)$ ($a > 0, b > 0$). Математичне сподівання і дисперсія бета-розподілу відповідно дорівнюють

$$m = \frac{a}{a+b} \text{ і } d = \frac{ab}{(a+b)^2(a+b+1)}.$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, знаходимо, що наша *апріорна* інформація відносно m і d може бути виражена через a і b (наприклад, якщо монета правильна, то $m = 1/2$, і $a = b$). Якщо апріорний розподіл є бета-розподілом з параметрами (a, b) , то за теоремою Байєса апостеріорний розподіл також буде бета-розподілом. (Саме ця властивість пояснює широку застосовуваність бета-розподілу.) Якщо в n експериментах подія, ймовірність якої невідома, відбулася k раз, то параметрами *апостеріорного* розподілу будуть $(a+k, b+n-k)$, значить, *апостеріорне* математичне сподівання матиме вигляд

$$M = \frac{a+k}{a+b+n},$$

що дає більш змістовну і кращу оцінку для невідомої ймовірності, ніж відносна частота k/n . Очевидно, що при досить великих n величина M практично не відрізняється від відносної частоти, але, наприклад, коли $n = 10, k = 0$ і $a = b = 100$, то маємо $M = 100/210 \approx 0.48$; і той же час відносна частота дорівнює 0, що зовсім не повинно нас влаштовувати.

ПРАКТИКУМ 5

Тема. Визначення ризику при випуску неякісного продукту.

Мета. Аналіз ризику випадкового порушення технологічної дисципліни, якісний і кількісний аналіз небезпек, імовірнісний розрахунок надзвичайної події.

П5.1. Визначення поняття ймовірність події

При виконанні досліджень дослідник має справу з випадковими значеннями результатів процесу, що вивчається. При кожному випробуванні може виникати будь-який, але тільки один, з n рівно ймовірних наслідків.

Будь яку можливу множину наслідків називають **випадковою подією** [32]. Ця випадкова подія обов'язково виникає, і тому має назву **достовірна подія**.

Нехай деяка подія A виникає тоді і тільки тоді, коли виникає хоча б один з m різних визначених наслідків з загальної кількості n можливих. **Ймовірністю події** A називають відношення m/n - сприятливих подій A , до числа всіх можливих

Ймовірність події A позначають символом $P(A)$:

$$P(A) = m/n. \quad (\text{П5.1})$$

Тобто, при будь-якому i ($1 \leq i \leq n$):

$$P(E_i) = 1/n, \quad (\text{П5.2})$$

де E_i - наслідок i , для події U , що виникає кожного разу, коли виникає якийсь наслідок E_i , якому сприяють усі можливі наслідки, $P(U) = 1$.

Подію U_i у загальному випадку називають **достовірною**.

П5.2. Визначення ймовірності випуску виробу певного гатунку

В замовленій партії 350 штук гідроциліндрів було:

- 200 гідроциліндрів вищого гатунку;
- 100 гідроциліндрів - першого гатунку;
- 50 гідроциліндрів - другого гатунку.

При випадковому виборі одного гідроциліндра з вказаної партії визначити ймовірність отримання виробу вищого, першого і другого гатунку.

П5.2.2. Реалізація завдання по визначенню ймовірності вибору гідроциліндра необхідної якості

За умовою: $n=350$ - загальна кількість гідроциліндрів у партії. Позначимо літерами В - гідроциліндри вищого гатунку, П - першого, Д - другого.

Ймовірність вибору з усієї партії одного гідроциліндру вищого гатунку:

$$P(B) = m/n = 200/350 = 0,571;$$

Ймовірність вибору з усієї партії одного гідроциліндру першого гатунку:

$$P(P) = 100/350 = 0,286;$$

Ймовірність вибору з усієї партії одного гідроциліндру другого гатунку:

$$P(D) = 50/350 = 0,143.$$

П5.3. Аналіз ризику використання виробничого обладнання

Для аналізу експлуатаційних ризиків необхідно визначити:

- джерела підвищеної небезпеки, які повинні частіше контролюватися;

- потенційні аварії;
- послідовність подій в аварійних ситуаціях;
- величину наслідків;
- конкретні шляхи попередження аварій;
- шляхи зниження тяжкості наслідків.

На практиці аналіз експлуатаційних ризиків слід починати з досліджень, які дозволяють ідентифікувати потенційні джерела небезпеки.

Методи розрахунку ймовірностей і статистичний аналіз є складовими кількісного аналізу експлуатаційних ризиків виробництва.

Попередній аналіз експлуатаційного ризику (ПАЕР) виконують у наступному порядку:

- вивчають технічні характеристики об'єкта, а також енергетичні джерела, що використовуються, робочі середовища, матеріали, з метою встановити їх наднебезпечні чинники, що можуть викликати аварію;
- встановлюють закони, стандарти, правила, дія яких розповсюджується на конкретний технічний об'єкт, систему, процес;
- перевіряють технічну документацію на її відповідність нормативним і нормативно-правовим документам;
- складають перелік можливих станів небезпеки, в якому вказують ідентифіковані джерела небезпеки (системи, підсистеми, компонента), можливі травмуючі чинники, потенційні аварійні ситуації:
- встановлюють недоліки і порушення технологічної дисципліни.

П5.4. Якісний і кількісний аналіз небезпек

Якісні методи аналізу небезпек включають:

- попередній аналіз небезпек;
- аналіз наслідків відмов;
- аналіз небезпек за допомогою "дерева причин";

- аналіз небезпек методом потенційних відхилень;
- аналіз помилок персоналу;
- причинно-наслідковий аналіз.

В результаті аналізу аварійної (потенційною) небезпеки встановлюють наступні показники:

- індивідуальний ризик;
- соціальний ризик;
- структуру уражених по ступеню тяжкості;
- вид уражень;
- матеріальний збиток тощо.

Найбільш поширеним методом аналізу безпеки є метод побудови і аналізу "дерев відмов":

- спочатку проводять класифікацію зовнішніх небажаних подій (ЗНП). Тобто ураховують вихід з ладу певних елементів. Наприклад, порушення герметичності резервуару із зрідженим вуглеводневим газом з подальшим утворенням хмари паливо-повітряної суміші та її вибухом, класифікується як зовнішня небажана подія;

- далі "дерево відмов" будують внизу від ЗНП, враховуючи усі події, що його, що викликають;
- закінчують виділенням первинних подій, причини настання яких не досліджуються.

П5.5. Імовірнісний розрахунок надзвичайної події

При аналізі безпеки необхідно знати, в якій групі елементів найімовірніше і можливе виникнення аварійного стану. Для цього використовують імовірнісні методи математичної статистики.

Технологічне устаткування виробничих об'єктів можна умовно розбити на три основні групи [35]:

- реакційні апарати, проміжні ємності, машини;

- комунікації мережи- трубопроводи;
- запірна арматура (засувки, крани, ущільнення).

Гази або пари горючих рідин, що знаходяться в технологічному устаткуванні під тиском вище за атмосферний, можуть потрапити на об'єкт або в приміщення при порушенні цілісності устаткування. Усе устаткування об'єкту може стати джерелом виходу газів, і, отже, є K груп по n елементів ризику.

При великому числі незалежних елементів з малою інтенсивністю відмов сумарний потік відмов буде близький до простого після закінчення деякого часу, незалежно від законів розподілу термінів служби цих елементів. У разі простого потоку подій ймовірність P появи m подій в інтервалі часу від t до $t + \tau$ знаходиться за законом Пуассона [32]:

$$P = \frac{\Delta \tau}{m!} e^{-\Delta \tau}, \quad (\text{П5.3})$$

де $\Delta \tau$ - ймовірність безаварійної роботи обладнання протягом часу τ ;

m - середнє число подій за певний інтервал часу;

Δ - параметр потоку відмов.

У відповідності з цим при середніх термінах працездатності елементів $T_1, T_2 \dots T_R$, параметр потоку відмов Δ в цілому по виробництву буде мати межу:

$$\Delta = \frac{n_1}{T_1} + \frac{n_2}{T_2} + \dots \frac{n_R}{T_R} = \frac{1}{T} \quad (\text{П5.4})$$

За Δ або T можливо визначити ймовірність $R(\tau)$ безвідмовної роботи протягом часу τ :

$$P_0(\tau) = e^{-\frac{\tau}{T}} \quad (\text{П5.5})$$

Точкою від рахунку є зв'язок між:

- ймовірністю безаварійної роботи обладнання протягом часу Δt ;
- ступенем заповнення виробничих приміщень обладнанням;
- режимом роботи.

Ймовірність ***B*** виникнення відмови елемента ***n***-ї групи з ***K*** груп:

$$B_m = n_m \Delta_m / (n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + \dots + n_k \Delta_k) \quad (\text{П5.6})$$

Наприклад, у цеху знаходяться наступні види обладнання:

- ємності 50 м³ - 10 шт. (термін служби 50 років);
- ємності 25 м³ - 20 шт. (термін служби 100 років);
- трубопроводи діаметром 250 мм - 100 погонних метри. (термін служби 1 погонного метру - 200 років).

Необхідно оцінити ймовірний вихід газу в атмосферу за час між ревізіями (6 місяців).

Рішення: Параметр потоку відмов:

$$\Delta = \frac{n_1}{T_1} + \frac{n_2}{T_2} + \frac{n_3}{T_3} = \frac{10}{50} + \frac{20}{100} + \frac{100}{200} = \frac{9}{10}$$

Для терміну $\tau=0,5$ року ймовірність $P_0(\tau)$ безаварійної роботи:

$$P_0(\tau) = e^{-\tau/T} = e^{-0,5 \cdot 9/10} = 0.63$$

Ймовірність того, що вихід газу пройде з m -ї групи обладнання, можливо розрахувати за (5.6).

Ймовірність виходу з ладу ємності 50 м³:

$$B_{m1} = \frac{n_1 \Delta_1}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3} = \frac{10 \frac{1}{5}}{10 \frac{1}{5} + 20 \frac{1}{5} + 100 \frac{1}{2}} = \frac{2}{56} = 0,0357$$

Ймовірність виходу з ладу ємності 25 м³:

$$B_{m2} = \frac{n_2 \Delta_2}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3} = \frac{20 \frac{1}{5}}{10 \frac{1}{5} + 20 \frac{1}{5} + 100 \frac{1}{2}} = \frac{4}{56} = 0,0714$$

Ймовірність виходу з ладу труб діаметром 250 мм:

$$B_{m3} = \frac{n_3 \Delta_3}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3} = \frac{100 \frac{1}{2}}{10 \frac{1}{5} + 20 \frac{1}{5} + 100 \frac{1}{2}} = \frac{50}{56} = 0,893$$

П5.6. Оцінка випуску неякісного продукту в оболонці LabVIEW

П5.6.1. Слід перевести всі отримані раніше рівняння з символьного у машинний вигляд, дивись таблицю П5.1 і таблицю П5.2.

Таблиця П5.1 - Переведення символьних параметрів у машинні

Параметр	Символьний вигляд	Машинний вигляд	Розмірність	Значення			Джерело
				Початкове	Кінцеве	Крок	
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Сумарний параметр потоку відмови	Δ	d		9/10			Роз
2. Кількість ємностей 50 м ³	n1	n1	Шт.	10			Ум
3. Кількість ємностей 20 м ³	n2	n2	Шт.	20			Ум
4. Кількість труби діаметром 250 мм	n3	n3	пог. м	100			Ум
5. Термін служби ємностей 50 м ³	T ₁	T1	рік	50			[]
6. Термін служби ємностей 20 м ³	T ₂	T2	рік	100			[]
7. Термін служби труб Ø 250 мм	T ₃	T3	рік	200			[]
8. Термін безаварійної роботи	t	t	рік	0,5			Ум
9. Термін експлуатації обладнання	t1	t1	роки	0,5	4,5	1,0	Завд
10. Параметр потоку відмов ємності 50 м ³	$\Delta_1 = n_1 / T_1$	$d_1 = n_1 / T_1$					Роз
11. Параметр потоку відмов ємності 20 м ³	$\Delta_2 = n_2 / T_2$	$d_2 = n_2 / T_2$					Роз
12. Параметр потоку відмов труби діаметром 250 мм	$\Delta_3 = n_3 / T_3$	$d_3 = n_3 / T_3$					Роз

Таблиця П5.2 - Переведення символічних рівнянь по темі у машинні

Назва рівняння	Символьний вид	Машинний вид
1. Параметр потоку відмови	$\Delta = (n_1/T_1) + (n_2/T_2) + (n_3/T_3)$	$d = (n_1/T_1) + (n_2/T_2) + (n_3/T_3);$
2. Ймовірність безаварійної роботи	$P_0(\tau) = e^{-\tau/T} = e^{-0,5 \cdot 9/10} = 0.63$	$P_0 = \exp(-t \cdot d);$
3. Ймовірність аварії ємності 50 м ³	$B_{m1} = \frac{n_1 \Delta_1}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3}$	$B1 = (n1 \cdot d1) / (n1 \cdot d1 + n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3);$
4. Ймовірність аварії ємності 20 м ³	$B_{m2} = \frac{n_2 \Delta_2}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3}$	$B2 = (n2 \cdot d2) / (n1 \cdot d1 + n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3);$
5. Ймовірність аварії труб 250 мм	$B_{m3} = \frac{n_3 \Delta_3}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3}$	$B3 = (n3 \cdot d3) / (n1 \cdot d1 + n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3);$

Ймовірність аварії ємності 50 м³:

$$B_{m1} = \frac{n_1 \Delta_1}{n_1 \Delta_1 + n_2 \Delta_2 + n_3 \Delta_3} \quad B1 = (n1 \cdot d1) / (n1 \cdot d1 + n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3);$$

Якщо виключити Параметр сумарного потоку відмови d , замінити його через кількість одиниць обладнання і їх розрахунковий термін служби, тоді Ймовірність аварії можна записати у вигляді:

$$B1 = n1 \cdot (n1/T1) / (n1 \cdot (n1/T1) + n2 \cdot (n2/T2) + n3 \cdot (n3/T3));$$

$$B2 = n2 \cdot (n2/T2) / (n1 \cdot (n1/T1) + n2 \cdot (n2/T2) + n3 \cdot (n3/T3));$$

$$B3 = n3 \cdot (n3/T3) / (n1 \cdot (n1/T1) + n2 \cdot (n2/T2) + n3 \cdot (n3/T3)).$$

П5.6.2. Увійти в середовище LabVIEW і скласти Контрольну панель, рисунок П5.3 та Функціональну схему, рисунок П5.4, віртуального приладу для проведення досліджень по встановленню терміну безаварійної роботи обладнання.

n1	n2	n3			
10	20	100			
Термін служби ємності 50 м3, T1, рік	Термін служби ємності 20 м3, T2, рік	Термін служби труб 250 мм, T3, рік	Ймовірність безаварійної роботи, P0(t)		
50	100	200	0,64		
Термін безаварійної роботи 0,5 року, t			Сумарний параметр потік відмов, d, в.о.		
0,5			0,9		
Параметр потоку відмов ємності 50 м3, d1, в.о.	Параметр потоку відмов ємності 20 м3, d 2, в.о.	Параметр потоку відмов труб 250 мм d 3, в.о.	Ймовірність безаварійної роботи, P0(t)		
0,2	0,2	0,5	0,64		
Ймовірність аварії ємності 50 м3, B1, в.о.	Ймовірність аварії ємності 20 м3, B 2, в.о.	Ймовірність аварії труб 250 мм, B 3,			
0,0357	0,0714	0,8929			
Термін експлуатації обладнання, t1, роки					
0,5 1,5 2,5 3,5 4,5					
Таблиця 5..2 - Залежність безаварійної роботи P0 від встановленого терміну t1 експлуатації обладнання					
t1	0,500	1,500	2,500	3,500	4,500
P0	0,638	0,259	0,105	0,043	0,017

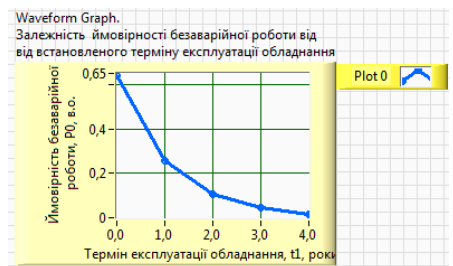


Рисунок П5.3. Контрольна панель віртуального приладу для досліджень по встановленню терміну безаварійної роботи обладнання

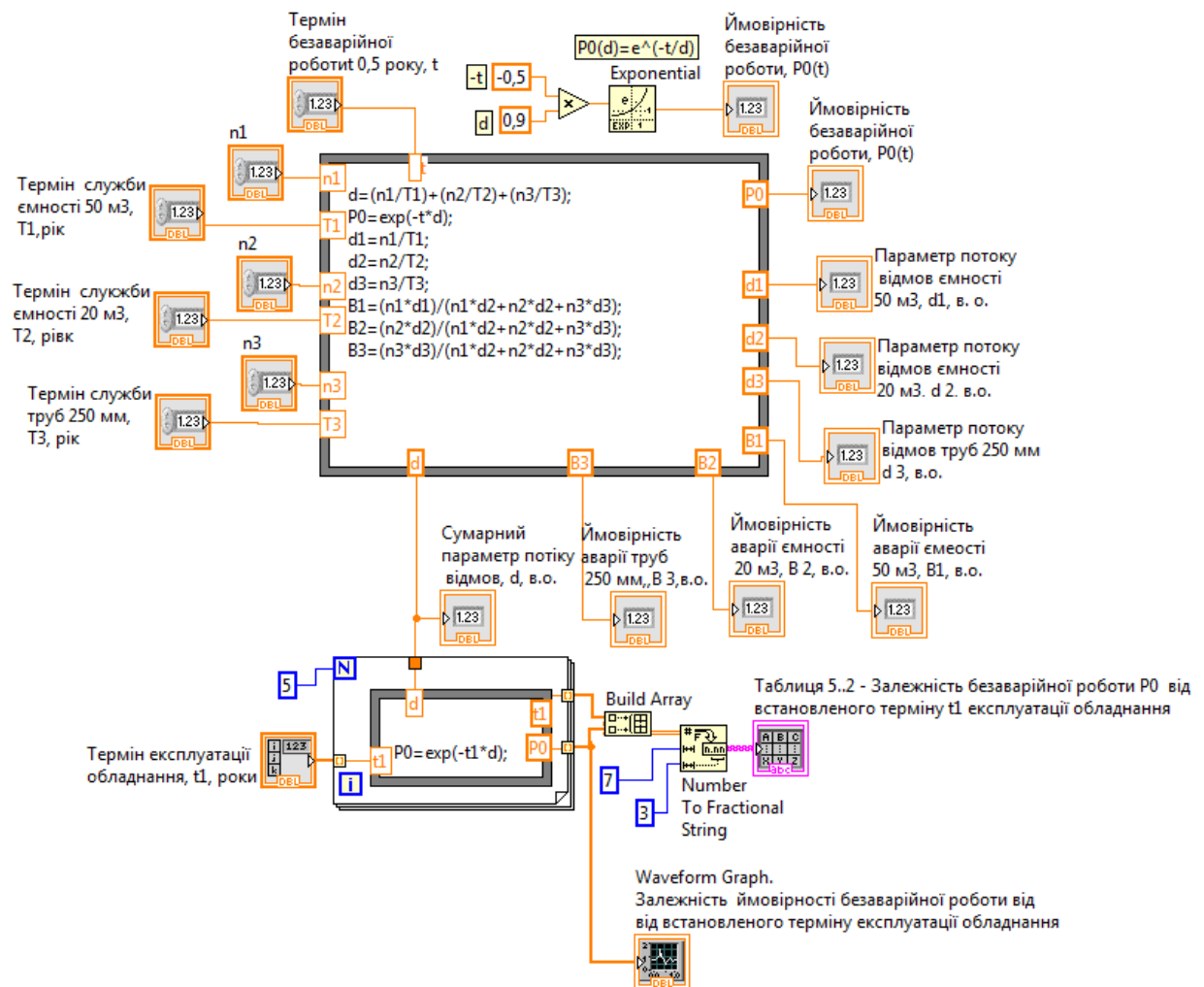


Рисунок П5.4. Функціональна панель віртуального приладу для досліджень по встановленню терміну безаварійної роботи обладнання

П5.7. Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання

П5.7.1. Знайти параметр потоку відмов

П5.7.2. Знайти ймовірність безаварійної роботи терміном 15 років

П5.7.3. Знайти ймовірність виходу з ладу:

- ємності 50 м³;
- ємності 25 м³;
- частини трубопроводу.

Варіанти для самостійної реалізації і контролю наведені в таблиці П5.3.

Таблиця П5.3 - Варіанти для самостійної реалізації і аналізу

Варіанти для самоконтролю		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ємність 25 м ³ .	Термін викори- стання, років	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
Ємність 50 м ³ .	Термін викори- стання, років	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Трубопровід діаметром, 219 мм.	Термін викори- стання, років	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Варіанти для самоконтролю		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ємність 75 м ³ .	Термін викори- стання, років	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
Ємність 20 м ³ .	Термін викори- стання, років	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Трубопровід діаметром, 108 мм.	Термін викори- стання, років	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Варіанти для самоконтролю		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ємність 45 м ³ .	Термін викори- стання, років	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
Ємність 35 м ³ .	Термін викори- стання, років	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Трубопровід діаметром, 114 мм.	Термін викори- стання, років	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

П5.8. Висновки

1. Найбільш ймовірним джерелом утворені вибухонебезпечної суміші є трубопроводи, оскільки ймовірність аварії трубопроводу діаметром 250 мм дорівнює 0.893, в той час як ймовірність аварійного стану ємностей 50 м³ и 25 м³ відповідно дорівнює 0,0375 і 0,0714.

П5.9. Практичні рекомендації (складаються самостійно)

ПРАКТИКУМ 6

Тема. Ризик руйнування будівлі цеху при вибуху балонів газу

Мета. За графом стану будівлі цеху (системи), визначити ймовірності стану будівлі після вибуху 1 - 3 балонів газу

П6.1. Теоретичні відомості

Техногенні аварії в сучасних умовах за своїми масштабами і важкістю наслідків можуть бути порівняні з природними катастрофами і руйнуючими наслідками військових подій з використанням ядерної зброї. За статистикою [30] останні 20 років двадцятого сторіччя принесли 56 % від найбільш крупних подій в промисловості і на транспорті. Вважають, що втрати від аварійності і травматизму досягають (10...15) % від валового національного продукту промислово розвинутих країн. Екологічне забруднення навколишнього природного середовища і недосконала техніка безпеки є причиною передчасної смерті (20...30) % чоловіків і (10...20) % жінок. У 2015 році на території ХХ було зафіксовано біля 1550 надзвичайних ситуацій, з яких 1150 носили техногенний характер і 400 - природній. В них постраждало 8000 осіб, загинуло 1800 осіб.

Така ситуація у питаннях аварійності і травматизму пояснюється не тільки низькою культурою безпеки і відсутністю технологічної, виробничої і адміністративної дисципліни, але і конструктивною недосконалістю продукту і послуг промислового і транспортного обладнання, що використовується [36].

Найбільш аварійними є вугільна, гірничорудна, хімічна, нафтогазова і металургійна галузі промисловості, транспорту.

Проблема попередження аварійних ситуацій і подій набуває особливу актуальність у атомній енергетиці, хімічній промисловості, при експлуатації військової техніки, де використовуються і обертаються потужні джерела енергії, пожежо - і вибухонебезпечні, високотоксичні і агресивні речовини.

Основними причинами техногенних аварій є [36]:

- вибухи газових сумішей при їх небезпечній концентрації у виробничих умовах;
- неправильне зберігання і недбала експлуатація (порушення відповідних діючих нормативних документів) пожежо - і вибухонебезпечних речовин;
- відмови технічних систем, що обумовлені дефектами виготовлення і порушеннями режимів експлуатації;
- помилкові дії операторів технічних систем;
- концентрації різних виробництв в промислових зонах;
- високий енергетичний рівень технічних систем;
- зовнішні негативні впливи на об'єкти енергетики, транспорту тощо.

П6.2. Встановлення стану будівлі після вибуху балонів газу

Умова завдання. На території цеху знаходяться три балона з воднем. В результаті розгерметизації балонів ймовірний їх вибух. Після вибуху можливі чотири стани будівлі цеху: СБ₁ - будівля нестраждала; СБ₂ - руйнування будівлі незначні; СБ₃ - будівля отримала суттєві пошкодження; СБ₄ - будівля повністю зруйнована.

Завдання. За розміченим графом стану будівлі цеху (системи), рисунок П6.1, визначити ймовірності стану будівлі після вибуху 1 - 3 балонів газу.

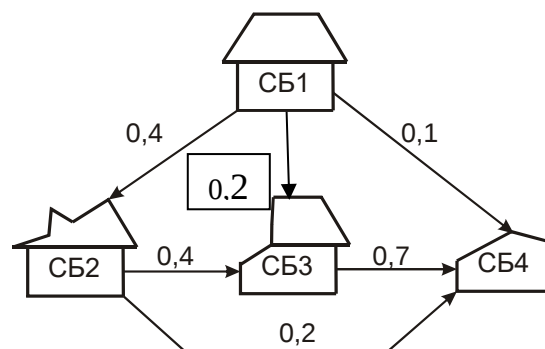


Рисунок П6.1. Граф стану будівлі цеху після вибухів балонів з газом

З графа стану будівлі цеху після вибухів балонів з газом маємо:

$$P_{11} = 1 - (P_{12} + P_{13} + P_{14}) = 1 - (0,4 + 0,2 + 0,1) = 0,3;$$

$$P_{22} = 1 - (P_{21} + P_{23} + P_{24}) = 1 - (0,0 + 0,4 + 0,2) = 0,4;$$

$$P_{33} = 1 - (P_{31} + P_{32} + P_{34}) = 1 - (0,0 + 0,0 + 0,7) = 0,3;$$

$$P_{44} = 1 - (P_{41} + P_{42} + P_{43}) = 1 - (0,0 + 0,0 + 0,0) = 1,0.$$

Матриця перехідних станів:

$$\|P_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,3 & 0,4 & 0,2 & 0,1 \\ 0 & 0,4 & 0,4 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,3 & 0,7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Ймовірність стану будівлі цеху після вибуху одного балона визначені у першому рядку:

$$p_1(1) = 0,3; p_2(1) = 0,4; p_3(1) = 0,2; p_4(1) = 0,1.$$

Ймовірність стану будівлі цеху після вибуху двох балонів визначена за формулою повної ймовірності:

$$p_1(2) = p_1(1) \cdot P_{11} = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09;$$

$$p_2(2) = p_1(1) \cdot P_{12} + p_2(1) \cdot P_{22} = 0,3 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,4 = 0,28;$$

$$p_3(2) = p_1(1) \cdot P_{13} + p_2(1) \cdot P_{23} + p_3(1) \cdot P_{33} = 0,3 \cdot 0,2 + 0,4 \cdot 0,4 + 0,2 \cdot 0,3 = 0,28;$$

$$p_4(2) = p_1(1) \cdot P_{14} + p_2(1) \cdot P_{24} + p_3(1) \cdot P_{34} + p_4(1) \cdot P_{44} = 0,3 \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,7 + 0,1 \cdot 1 = 0,35.$$

Ймовірність стану будівлі цеху після вибуху трьох балонів газу:

$$p_1(3) = p_1(2) \cdot P_{11} = 0,09 \cdot 0,3 = 0,027;$$

$$p_2(3) = p_1(2) \cdot P_{12} + p_2(2) \cdot P_{22} = 0,09 \cdot 0,4 + 0,28 \cdot 0,4 = 0,148;$$

$$p_3(3) = p_1(2) \cdot P_{13} + p_2(2) \cdot P_{23} + p_3(2) \cdot P_{33} = 0,09 \cdot 0,2 + 0,28 \cdot 0,4 + 0,28 \cdot 0,3 = 0,214;$$

$$p_4(3) = p_1(2) \cdot P_{14} + p_2(2) \cdot P_{24} + p_3(2) \cdot P_{34} + p_4(2) \cdot P_{44} = 0,09 \cdot 0,1 + 0,28 \cdot 0,2 + 0,28 \cdot 0,7 + 0,35 \cdot 1 = 0,6$$

П6.3. Висновки

П6.3.1. Після вибуху двох балонів газу ймовірність пошкодження будівлі цеху наступні:

- будівля цеху не пошкоджена: $p_1(2) = 0,009$;
- будівля цеху отримала незначні пошкодження: $p_2(2) = 0,28$;
- будівля цеху отримала значні пошкодження: $p_3(2) = 0,28$;
- будівля цеху повністю зруйнована: $p_4(2) = 0,35$.

П6.3.2. Після вибуху трьох балонів газу ймовірність пошкодження будівлі цеху наступні:

- будівля цеху не пошкоджена: $p_1(3) = 0,027$;
- будівля цеху отримала незначні пошкодження: $p_2(3) = 0,148$;
- будівля цеху отримала значні пошкодження: $p_3(3) = 0,214$;
- будівля цеху повністю зруйнована: $p_4(3) = 0,611$.

П6.4. Практичні рекомендації

П6.4.1. Заборонено зберігати в цій будівлі цех більше одного балону газу, що забезпечить в разі її вибуху наступну ймовірність пошкодження будівлі цеху:

- будівля цеху отримала значні пошкодження: $p_3(1) = 0,2$;
- будівля цеху повністю зруйнована: $p_4(1) = 0,1$.

П6.4.2. Для зниження ризику руйнування будівлі при вибуху балона з газом менше ніж 10 % необхідно прийняти і дотримуватись спеціальних заходів безпеки

ПРАКТИКУМ 7

Тема. Оцінка та керування ризиками методом «Value at Risk (VAR) - Сума під ризиком».

Мета. Теоретичні відомості щодо керування ризиками методом «Value at Risk (VAR) - Сума під ризиком»

П7.1. Теоретичні відомості щодо керування ризиками методом «Value at Risk (VAR) - Сума під ризиком»

Опис методології ризик-аналізу, розробленого в Центрі по безпеці хімічної промисловості (CCPS) США.

Аналіз ризику є частиною системного підходу до практичних заходів у розв'язку завдань попередження або зменшення небезпеки для життя людини, захворювань або травм, збитку майну й навколишньому середовищу, називаного в нашій країні забезпеченням промислової безпеки, керуванням ризиком.

При цьому *аналіз ризику або ризик-аналіз (Risk Analysis, Process Hazard Analysis)* визначається використання наявної інформації для виявлення небезпек і оцінки ризику. **Аналіз ризику** полягає у виявленні (ідентифікації) небезпек і оцінці ризику. **Небезпека** - джерело потенційного збитку або шкоди або ситуація з можливістю завдання збитків, а **ризик (Risk)** або **ступінь ризику (level of risk)** - це комбінація частоти або ймовірності й наслідків певної небезпечної події. Тобто поняття ризику завжди включає два елементи: частоту, з якої відбувається небезпечна подія, і наслідку небезпечної події. Застосування поняття ризику, таким чином, дозволяє переводити небезпека в розряд вимірюваних категорій.

Ідея методу полягає в тому щоб побудувати верхню оцінку капіталу, що може бути втраченим в результаті небажаних подій. Тобто мова йде про капітал, який буде втрачено у «гіршому» випадку. При цьому обирають деякий

рівень ймовірності α , оцінюють капітал, який може бути втраченим зі цією допустимістю. Зазвичай обирається $\alpha = 0,05$. Можна зробити висновок, що VaR — верхня границя довірчого на пів інтервалу рівня α суми, яка може бути втрачена. [37, 38].

Приклад 7.1.

Розрахунок VaR розробку і впровадження магнітно-ультразвукової системи очищення водних середовищ

Мета. Розрахунки коефіцієнта (Value-at-Risk - вартісної міри ризику) для інформації про максимальні збитки з імовірністю 97,5 інвестуючи розробку і впровадження магнітно-ультразвукової системи очищення водних середовищ від іонів домішок фізичними методами, продуктивністю 60 м³/год.

Рішення

Методом експертної оцінки встановлено, що для підтримання постійного попиту на вказану модель ціна за один апарат повинна коливатися в діапазоні від 20 000 грн. до 40 000 грн.

Слід визначити мінімальний рівень попиту на рівні значимості 1/9.

- 1) Визначимо параметри розподілу, вважаючи очікуваним рівнем попиту $\alpha \approx E(U(X))$ середину даного діапазону.
- 2) Знаходимо оцінку математичного очікування α_{cp} , як середнє арифметичне значення ціни устаткування (при одному вимірюванні):

$$\alpha_{cp} = (20\,000 + 40\,000) / 2 = 30\,000 \text{ грн.}$$

- 3) Середнє квадратичне відхилення Δ від середнього вимірювання:

$$\Delta = \frac{D}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_{cp})^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{(20000-30000)^2 + (40000-30000)^2}{2 \cdot (2-1)}} = \sqrt{\frac{200000000}{2}} = 10000$$

$$\text{де } D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_{cp})^2}{n \cdot (n-1)}} - \text{похибка одного вимірювання (вибірковий}$$

стандарт).

- 4) Застосовуючи правило «трьох сигм» визначено дисперсія, яка вказує не дисперсію тобто на скільки реальна ціна може відхилятися в одну, або іншу сторону від тієї що прогнозується:

$$\sigma = \Delta / 3 = 10000 / 3 = 3333.3$$

- 5) Оскільки функція розподілу обсягу випуску продукції невідома, надійність оцінки середнього квадратичного відхилення рівна 8/9.
- 6) Знайдемо мінімальний рівень попиту:

$$P(U(X) < R) \cong F(x) = 1/9.$$

Ймовірність того, що ціна апарату (величина X) прийме яке-небудь значення за межами діапазону ($\alpha_{cp} - \Delta$, $\alpha_{cp} + \Delta$), не перевершує величини σ^2 / Δ^2

Тоді вказана нижче нерівність є вірною:

$$P(|X - \alpha_{cp}| \geq \Delta) \leq \frac{\sigma^2}{\Delta^2}, \text{ тобто}$$

$$P(|40000 - 30000| \geq 10000) \leq 3333.3^2 / 10000^2 = 1/9 = 0.111$$

- 6) Нижня границя рівня попиту R визначається з рівності:

$$\frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{R - 30000}{3333.3}\right) = \frac{1}{9}$$

або

$$\Phi[(R - 30000) / 3333.3] = 0.111 - 0.5 = -0.389,$$

Аналітичний метод розрахунку VaR вимагає оцінки параметрів розподілу ринкових цін, які коливаються, як правило, за нормальним законом розподілення. Оцінивши стандартні відхилення цін на магнітно-ультразвукову системи очищення водних середовищ від іонів домішок фізичними методами, продуктивністю 60 м³/год або подібне устаткування, обчислюємо VaR для них шляхом множення стандартних відхилень на відповідний до довірчого рівня коефіцієнт (наприклад, для рівня 95 % він рівний 1,64).

$$VaR = \alpha_{cp} \pm k \cdot \sigma = 30000 - 1.64 \cdot 3333.3 = 30000 - 5466.6 = 24533.9$$

де VaR - вартісна міра ризику;

α_{cp} - математичного очікування як середнє арифметичне значення ціни устаткування (при одному вимірюванні)

$k=1.64$ - число стандартних відхилень, що визначає значення VaR,

σ - дисперсія, стандартне відхилення прибутковості розробки і впровадження магнітно-ультразвукової системи очищення водних середовищ від іонів домішок фізичними методами, продуктивністю 60 м³/год.

Коефіцієнт довіри k , який є сполучною ланкою між розміром стандартного відхилення (σ) і ймовірністю виходу окремо взятої ціни устаткування за її межі. Величину коефіцієнта довіри важко обчислити, і для простоти в економічних розрахунках звичайно використовують відповідні готові табличні значення, наведені в таблиця П7.1 [37].

Таблиця П7.1. Коефіцієнти довіри k .

Параметр	Значення			
Довірчий рівень (імовірність)	0,84	0,9	0,95	0,99
Значення коефіцієнта довіри	1	1,28	1,64	2,33

Найбільше часто застосовувані — 95 % рівень, широко використовуваний у закордонній практиці при оцінці ринкових ризиків по стандартах Risk Metrics (коефіцієнт 1,65), 97,5 % рівень (коефіцієнт 1,96) і прийнятий у якості стандарту Базельським комітетом з банківського нагляду 99 % рівень (коефіцієнт 2,33) [37].

$$R=30000 - (-0.389) \cdot 3333.3 = 30000 - 1296.65 = 28703.35$$

Якщо випадкова величина відповідає нормальному розподіленню з математичним очікуванням $E(X)$ і дисперсією $\sigma(X)$, тоді **Value at Risk (VaR)** -

Сума під ризиком

$$\begin{aligned} VaR_{\alpha}(X) &= E(X) + F^{-1}(1 - \alpha_{cp}) \cdot \sigma(X) = \\ &= 30000 + \frac{1}{(1-0.05)} \cdot 3333.3 = 30000 - 1.053 \cdot 3333.3 = 30000 - 3509.96 = 26490 \end{aligned}$$

де - $F^{-1}(1-\alpha)$ - квантиль стандартного нормального розподілення рівня $(1-\alpha)$.

Таким чином з імовірністю 8/9 попит на один виріб не буде нижче 26490 грн.

Аналогічним чином образом можливо зробити, якщо наслідки прийнятого рішення залежать від декількох змінних. Припустимо, що нас цікавить величина Y , яка залежить від декількох випадкових факторів $Y = Y(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Припустимо, що величина F розподілена за нормальним законом. Тоді для її повного опису необхідно визначити обидва параметра цього закону, а саме— математичне очікування a й дисперсію s . Припустимо, що практично діапазон зміни величин $x_1, x_2, \dots, x_n$ відомі їх рівні $x_1 \pm \Delta x_1, x_2 \pm \Delta x_2, \dots, x_n \pm \Delta x_n$. Тоді для діапазону зміни величини F одержуємо оцінку [38, 2]:

$$\Delta Y \leq \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial Y}{\partial x_i} \right| \Delta x_i$$

Таким чином, знайдений діапазон зміни величини Y . Знаючи ΔY , можна знайти середнє квадратичне відхилення σ величини Y відповідно до правила «трьох сигм»:

$$\sigma = \Delta Y / 3.$$

Математичне очікування a величини Y можна знайти за формулою:

$$a = Y(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$$

Знаючи σ й a можемо визначити нижню границю значень величини F , якщо відомий закон її розподілу.

Приклад 7.2.

Припустимо, що необхідно здійснити вибір між двома рішеннями, у результаті яких передбачається наступний імовірнісний розподіл значень прибутку, таблиця П7.2.

Таблиця П7.2. Імовірнісний розподіл значень прибутку.

Параметр	Варіант 1				Варіант 2			
Прибуток, X	100	200	250	400	180	210	240	250
Імовірність, p	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1
Матем. очікування $E(U(X))$	220				220			
Ризик $cr \quad Var(U(X))$	81.24				24.49			

Тут прийнято функцію корисності $U(X)$ рівною значенню прибутку X .

Математичне очікування $E(U(X))$ - середній результат, що прогнозується, за обома варіантами:

$$E(U(X)) = \sum_{i=1}^n X_i \cdot p_i = 100 \cdot 0.2 + 200 \cdot 0.3 + 250 \cdot 0.4 + 400 \cdot 0.1 = 20 + 60 + 100 + 40 = 220$$

$$E_2(U(X)) = \sum_{i2=1}^n X_{i2} \cdot p_{i2} = 180 \cdot 0.2 + 210 \cdot 0.3 + 240 \cdot 0.4 + 250 \cdot 0.1 = 36 + 63 + 96 + 25 = 220$$

Дисперсія (ризик) σ за обома варіантами:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - E_1(U(X)))^2 \cdot p_i} = \\ &= \sqrt{(100 - 220)^2 \cdot 0.2 + (200 - 220)^2 \cdot 0.3 + (250 - 220)^2 \cdot 0.4 + (400 - 220)^2 \cdot 0.1} = \\ &= \\ &= \sqrt{14400 \cdot 0.2 + 4000 \cdot 0.3 + 9000 \cdot 0.4 + 32400 \cdot 0.1} = \sqrt{2880 + 1200 + 3600 + 3240} = \sqrt{6600} = 81.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - E_2(U(X)))^2 \cdot p_i} = \\ &= \sqrt{(180 - 220)^2 \cdot 0.2 + (210 - 220)^2 \cdot 0.3 + (240 - 220)^2 \cdot 0.4 + (250 - 220)^2 \cdot 0.1} = \\ &= \sqrt{1600 \cdot 0.2 + 100 \cdot 0.3 + 400 \cdot 0.4 + 900 \cdot 0.1} = \sqrt{320 + 30 + 160 + 90} = \sqrt{600} = 24.49 \end{aligned}$$

Таким чином, другий варіант характеризується тим же очікуваним значенням прибутку, що і перший варіант, але має меншу дисперсію, тобто має менший рівень ризику. Отже, більш раціональним буде прийняти другий розв'язок.

У наведеному прикладі кожне з розглянутих розв'язків характеризується одним і тим же очікуваним значенням прибутку. Тому перевага другого розв'язку очевидна, оскільки в цьому випадку прибуток очікується та ж, що й у першому випадку, але з меншим ризиком.

Ще більш очевидним було б віддати перевагу другому розв'язку, якби в першому випадку очікуване значення прибутку було меншим (менший прибуток при більшому рівні ризику). Насправді набагато більш розповсюдженої є така ситуація, коли більшому очікуваному значенню прибутку відповідає й більший рівень ризику. У цьому випадку перед-підприємцем є спокуса більш високого очікуваного прибутку, але з меншою гарантією.

У цьому випадку можна використовувати коефіцієнт варіації $V(X)$ у якості заходу ризику:

$$V(X) = E_{cp} \cdot U(x) / E \cdot U(X)$$

Коефіцієнт варіації показує ступінь відхилення отриманих значень від математичного очікування. Чим вище коефіцієнт варіації, тим сильніше мінливість при знаку «-». Установлена наступна оцінка коефіцієнта варіації:

- до 10% — слабка варіація (низький ризик);
- 10-25% — помірна варіація (помірний ризик);
- понад 25% — висока варіація (високий ризик).

ПРАКТИКУМ 8

Тема. Ризик загибелі робітника на підприємстві

Мета. Визначити колективний і індивідуальний ризики загибелі робітника на виробництві та міри попередження таких випадків

П8.1. Вказівки щодо виконання практичного заняття

Усі Цифри прийняті умовно. Студент може їх найти у відповідних довідниках або у нормативних документах

Приклад 8.1.

Завдання. Чисельність постраждалих за останні 5 років на (Назва підприємства з чисельністю працівників понад 500 чоловік.) При нещасних випадках на виробництві зі смертельним результатом склала $n = 1$ чоловік.

Визначте індивідуальний ризик загибелі людини на виробництві, якщо чисельність працюючих складала приблизно $N = 1000$ чоловік.

Визначте величину колективного ризику в організації, що нараховує $n_1 = 500$ працюючих.

Послідовність розрахунку:

1. Індивідуальний ризик загибелі людини на виробництві складе:

$$R_i = n / N = 1/1000 = 0.001, 1 / \text{рік}$$

2. Прогнозований колективний ризик для працівників організації буде:

$$R_k = R_i \cdot n_1 = 0.001 \cdot 500 = 0.5, \text{ чоловік} / \text{рік}.$$

Приклад 8.2.

Завдання. Чисельність постраждалих в 2017 році в ХХ при нещасних випадках на виробництві зі смертельним результатом склала $n = 2985$ чоловік.

Визначте індивідуальний ризик загибелі людини на виробництві, якщо чисельність працюючих в країні становила приблизно $N = 74$ млн. чоловік.

Визначте величину колективного ризику в організації, що нараховує $n_1 = 500$ працюючих.

Послідовність розрахунку:

1. Індивідуальний ризик загибелі людини на виробництві складе:

$$R_i = \frac{n}{N} = \frac{2985}{74 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^{-5}, 1/\text{рік}$$

2. Колективний ризик, що прогнозується для робітників організації:

$$R_k = R_i \cdot n_1 = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 500 = 2 \cdot 10^{-2}, \text{чоловік/рік.}$$

П8.2. Завдання для самостійного вирішення

П8.2.1. Ризик оператора, що працює з дисплеєм, становить 1×10^{-5} рік. Який середній ризик відчуває оператор, якщо час перебування його на робочому місці становить 20 % від загального.

П8.2.2. Спрогнозувати число загиблих від пожежі за рік на території ХХ, якщо відомо, що величина індивідуального ризику загибелі від пожежі працівників таких підприємств становить 4×10^{-4} на рік. Загальна кількість працівників прийняти 10 тис. чоловік.

П8.2.3. Оператор ЕОМ в процесі роботи піддається декільком видам небезпеки, зокрема, ризик летального результату від електромагнітного випромінювання становить 1×10^{-10} рік, від пожежі 2×10^{-5} рік, від обвалення

будівлі 3×10^{-9} рік. Визначити загальний ризик оператора і число смертей на рік серед 100 тис. Операторів ЕОМ.

П8.2.4. При проектуванні обладнання банку була допущена помилка, яка призвела до збільшення ризику від втрати інформації в 1,05 рази. Знайти число втраченої інформації в банку, якщо середньорічна її кількість складає 16 Мб, а середня величина ризику становила раніше 2×10^{-3} рік.

П8.2.5. Розрахувати величину індивідуального ризику від аварійної ситуації на виробництві, якщо за останні 5 років відбулося 5 тис. нещасних випадків. Середнє число працівників склало за ці роки 70 тисяч чоловік

П8.2.6. Індивідуальний ризик летального результату при прольоті 650 км на повітряному транспорті становить 6×10^{-4} на рік. Спрогнозувати число загиблих за півроку на літаках авіаліній, якщо обсяг їх перевезень становить 50 млн пасажиро-кілометрів на місяць.

П8.2.7. Випалювання 0,7 сигарети відповідає індивідуальним ризику летального результату 1×10^{-6} на рік. Розрахувати число загиблих курців для населення мільйонного міста, серед якого 20 % людей щодня викурюють по 10 сигарет.

П8.2.8. Яка кількість випадків суїциду можна очікувати на території ХХ в 2015 р при кількості жителів 1 200 000 тис. чоловік, Якщо індивідуальний ризик для цього виду небезпеки становить 5×10^{-6} на рік.

П8.2.9. Півтори хвилини занять альпінізмом відповідає величині індивідуального ризику летального результату 1×10^{-6} рік. Визначити річна кількість загиблих альпіністів, якщо за останні 3 роки їх виїжджало в гори 40 тис. чоловік, При цьому витрачено безпосередньо на сходження кожним альпіністом за 2,5 доби.

П8.2.10. Середній ризик загибелі жителя міста ХХ від вогнепальної зброї становить $1,5 \times 10^{-5}$ рік. Наскільки ця величина відрізняється для мешканця іншої території, якщо відомо, що за останні два роки на цій території загинуло від вогнепальної зброї 30 тис. чоловік? Загальна кількість жителів на цій території 120 млн чоловік.

П8.2.11. За даними 2014 року, в місцевості ХХ сталося близько 250 пожеж, при цьому в кожному пожежі в середньому загинуло 0,6 чоловіка. Розрахувати колективний ризик загибелі від пожежі для 20 мешканців.

П8.2.12. У 2014 р серед населення території ХХ від пожеж загинуло близько 10500 осіб. Знайти величину колективного ризику від пожежі для міста населенням в 1 млн чоловік, Якщо населення ХХ прийняти за 150 млн чоловік.

П8.2.13. За останні 4 роки на території УУ зареєстровано 50 тис. жителів. Розрахувати середньорічний обсяг виплат за листками непрацездатності, якщо відомо, що середня тривалість непрацездатності після травми становить 10 робочих днів; величина індивідуального ризику становить 5×10^{-3} рік, а компенсація за лікарняним листком 200 грн / робочий день.

П8.2.14. За три роки на складські приміщення вироблено понад 5 тис. нападів, при цьому загинули 3500 охоронців. Знайти величину колективного ризику зміни ВОХР з 12 чоловік, що виходять на охорону складських приміщень в добу.

П8.2.15. Індивідуальний ризик загибелі в ДТП дорівнює 1×10^{-6} рік для кожного жителя УУ, якщо він проїхав на автомобілі 100 км або 5000 км на громадському транспорті. Скільки загиблих можна очікувати за рік серед населення мільйонного міста, якщо відомо, що 10 % жителів міста регулярно користуються автомобілем і проїжджають в середньому 20 км в день, 80 % проїжджають щодня на громадському транспорті 4 км, а 10 % взагалі не користуються транспортом?

ЛИТЕРАТУРА

1. Алымов В.Т., Тарасова Н. П. Техногенный риск. Анализ и оценка. М.: Академкнига, 2006г. 118 с.
2. ГОСТ Р 51901.14-2005 (МЭК 61078:1991). Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности. М.: Стандартиформ, 2005, 18 с.
3. ГОСТ Р 51901.13-2005 (МЭК 61025:1990). Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. М.: Стандартиформ, 2005, 11 с.
4. Рыгаловский Дмитрий Михайлович Управление рисками на предприятии: методический и организационный аспекты// Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. — №12 (72). Номер статьи: 7203. Дата публикации: 2016-12-09. Режим доступа: <https://sovman.ru/article/7203/>
5. Knowledge-Based Risk Management framework for Information Technology. Project Samer Alhawaria, Louay Karadshehb, Amine Nehari Taletc, Ebrahim Mansoura. International Journal of Information Management 32 (2012) 50-65.
6. PMI (Project Management Body of Knowledge) Standards Committee, William R. Duncan, Director of Standards. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Newton Square, PA: Project Management Institute, 2016
7. ISO 9001:2000. ANSI/ISO/ASQ Q9001-2000, American society for Quality, Milwaukee. 2000.
8. IEEE IDEF0. Standard User's Manual for the ICAM Function Modelling Method - IDEF0. IEEE draft Standard P1320.1.1. 1997.
9. Шафер Д.Ф., Фатрелл Р.Т., Шафер Л.И. Управление программными проектами: Достижение оптимального качества при минимуме затрат. М.: Вильямс, 2003. - с.183
10. Wideman R. M. Those Sexy Triangles Again.
11. Microsoft Project: The Project Triangle. - Microsoft Office Online > Assistance > Office 2000 > Project 2000.

12. Wideman R. M., Project management Body of Knowledge (PMBOK), Project Management Institute, PA, 1987.
13. Wideman R. M., A Framework for Project and Program Management Integration, Project Management Institute, PA, 1991.
14. Marasco J. The Project Pyramid. - Ration Edge. e-zine for the Rational Community. 12.04.2004.
15. Клиффорд Ф. Грей, Эрик У. Ларсен. Управление проектами: Практическое руководство/ Пер. с англ. — М.: Дело и Сервис, 2003. - 234 с.
16. Батенко Л.П. Управління проектами./Л.П. Батенко, О.А. Загородніх, В.В. Ліщинська - К.: КНЕУ, 2003. - 231 с.
17. Лоу А. М. Имитационное моделирование /А. М. Лоу, В. Д. Кельтон - 3-е изд. - СПб: Питер, 2004 - 847 с.
18. VaR - техническая схема расчета. - www.riskinfo.ru.
19. Evaluation of Value at Risk-Models // Guidelines on market Risk. Volume Oesterreichische National bank. - www.oenb.at.
20. Балабанов И.Т. Ризик - Менеджмент. М., УпрИнвест, 1996. - 462 с.
21. PMI Standards Committee, William R. Duncan, Director of Standards. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Newton Square, PA: Project Management Institute, 1996.
22. Пересада А.А. Проектне фінансування:/ А.А., Пересада, Т.В. Майорова, О.О. Ляхова - К.: КНЕУ, 2005. - 736 с.
23. Данилин Г. А. Элементы теории вероятностей с EXCEL: Практикум для студентов всех специальностей МГУЛа., / Г. А. Данилин, В. М. Курзина, П. А. Курзин, О. М. Полищук. - М.: МГУЛ, 2004. - с. 87 с.:
24. Artzner P., Delbaen F., Eber J.-M. et al. Coherent Measures of Risk// Mathematical Finance/ — 1999. - V.9, № 3. - P.203-228
25. Ример М.И., Касатов А.Д., Матиенко Н. Н. Экономическая оценка инвестиций. — СПб: Питер, 2005. —480 с.
26. Оценка финансовых рисков: VaR индивидуальных стратегий. - www.riskinfo.ru.

27. Шапкин А. С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций. М: «Дашков и Ко», 2005 — 543 с.
28. Шапкин А. С., Шапкин В. А. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций. М: «Дашков и Ко», 2005 — 879 с.
29. Шоломицкий А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска. М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2005. — 399 с.
30. Ветошкин Ф.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие Пензенский госуниверситет архитектуры и строительства. Пенза, 2005 - 155 с.].
31. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. - М.: Мир, 1984. - 302 с.
32. Колмогоров А. Н. Введение в теорию вероятностей/А. Н. Колмогоров, И. Г. Журбенко, А. В. Прохоров - М.: Наука, 2012. - с.160.
33. Данилин Г. А. Элементы теории вероятностей с EXCEL: Практикум для студентов всех специальностей МГУЛа., / Г. А. Данилин, В. М. Курзина, П. А. Курзин, О. М. Полищук. - М.: МГУЛ, 2004. - с. 87 с.: илл.
34. Глонь О.В., Дубовий В.М. Моделювання систем керування в умовах невизначеності. Монографія. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. - 169с.
35. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска - М.: Машиностроение, 2005.- 234 с.
36. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. - М.: Мир, 2004. - 186 с.
37. Morgan Guaranty Trust Company Market Risk Research/ New York February 2008 Jacques Longerstaey (1-212) 648-4936 - p. 45.
38. Лобанов А. Энциклопедия финансового риск-менеджмента. 2-е изд. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. - с. 213 с.
39. Економіка підприємства. Книга 1. [підручник для сту. вищих навч. закладів]; за заг. ред. П.В. Круша, К.В. Шелехова. — К.: ДП «НВЦ «Пріоритети»», 2014. — 676 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

40. Highsmith J. Agile Software Development. Addison Wesley, 2002
41. Паулк М., Куртис Б., Хриссис М.Б., Вебер Ч.В., Гарсия С.М., Буш М. Модель зрелости процессов разработки программного обеспечения. М.: Богородский печатник, 2002. - с. 267.
42. Orr K. CMM versus Agile Development: Religious Wars and Software Development. Cutter Consortium, e-Project Management Advisory Service Vol. 3, No. 7, 2003 y.
43. Фаулер М., Скотт К. Новые методологии UML в кратком изложении. Применение стандартного объектного моделирования. М.: Мир, 2000. - с. 365.
44. Boehm B., Turner R. Rebalancing Your Organization's Agile and Discipline. - In: <Extreme Programming and Agile Methods - XP/Agile Universe 2003> LNCS 2753, 2003. - pp. 1-8.
45. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. М.: Конкорд, 1992. - с. 325