

Інше

УДК 330.3

Кузнецов Сергій Костянтинівич

студент

*Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Kuznietsov Serhii

Student of the

*National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ
ІНВЕСТИЦІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ ФІЗИЧНОГО
ЗАХИСТУ
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ
ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ
PECULIARITIES OF FEASIBILITY ASSESMENT OF THE
INVESTMENTS WHEN DESIGNING PHYSICAL PROTECTION
SYSTEMS**

Анотація. Об'єктом дослідження є методологія техніко-економічного аналізу та оцінки заходів при проектуванні систем фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури на основі комплексного алгоритму планування інвестицій у технології безпеки.

В даній статті запропоновано сучасний метод планування та управління ресурсами систем фізичного захисту. Узагальнено галузеві аспекти сфери безпеки та викладено методологію інвестиційної оцінки ефективності капітальних вкладень у системи фізичного захисту.

Отримані результати підсумовано у запропонованому алгоритмі планування та оцінки ефективності інвестицій у технології безпеки.

Ключові слова: планування інвестицій, системи фізичного захисту, аналіз капітальних вкладень, технології безпеки, оцінка ефективності модернізації СФЗ, фактор непропорційності, відвернуті витрати.

Аннотация. Объектом исследования является методология технико-экономического анализа и оценки мероприятий при проектировании систем физической защиты объектов критической инфраструктуры на основе комплексного алгоритма планирования инвестиций в технологии безопасности.

В данной статье предложен современный метод планирования и управления ресурсами систем физической защиты. Обобщены отраслевые аспекты сферы безопасности и изложена методология инвестиционной оценки эффективности капитальных вложений в системы физической защиты. Полученные результаты подытожены в предложенном алгоритме планирования и оценки эффективности инвестиций в технологии безопасности.

Ключевые слова: планирование инвестиций, системы физической защиты, анализ капитальных вложений, технологии безопасности, оценка эффективности модернизации СФЗ, фактор непропорциональности, предотвращенные расходы.

Summary. The object of the study is the methodology of feasibility assesment and evaluation of the measures when designing physical protection systems of the objects of critical infrastructure based on a complex algorithm for planning investments in security technologies.

This article deals with the modern method of planning and resource management of physical protection systems. The sectoral aspects of the security sphere are summarized and the methodology of evaluation of the capital

investments in physical protection systems is outlined is considered and generalized. The obtained results are summarized in the proposed algorithm for planning and evaluation the effectiveness of investments in security technologies.

Key words: *capital investments planning, physical protection systems, efficiency evaluation, security technologies, assessment the efficiency of security modernization, disproportional factor, award costs.*

У статті автора про особливості оцінки ефективності заходів з технічного переоснащення систем фізичного захисту було узагальнено та запропоновано методологію для створення механізмів підготовки та опрацювання рішень щодо інвестування у системи фізичного захисту (далі – СФЗ), заснованих на широко застосовуваних методах інвестиційного аналізу.

Водночас, рішення про інвестиції в СФЗ мають прийматися не тільки на виконання вимог законодавства чи інших норм, обґрунтовуватись не лише результатами визначення показників безпеки та аналізу за методом «витрат-вигод» плануємих заходів. В умовах сьогодення рішення про їх здійснення повинні базуватись на даних комплексних розрахунків, що враховують їх галузеві особливості і є результатом синергії фінансової обґрунтованості та законодавчих і нормативних вимог.

На сьогодні прийняття рішень про здійснення капітальних вкладень у сфері СФЗ передбачають, що захід з безпеки має бути реалізований навіть якщо витрати не можуть бути оцінені з погляду на відвернуту шкоду, або вони не є надзвичайно непропорційними по відношенню до ризику. За такого підходу інвестиційним витратам на СФЗ дозволяють переважити вигоди, що виражається «фактором непропорційності» та величиною максимально виправданих витрат. Аналіз із застосуванням «фактору непропорційності» може бути здійсненим за таким принципом:

Витрати/Вигоди > Фактор непропорційності (DF) →

$$\text{Витрати} > \text{Вигоди} * \text{Фактор непропорційності (DF)} \quad (1)$$

Величина фактору непропорційності витрат/вигод (DF) до 3 одиниць вважається прийнятною, а далі до 10 - чим вищий ризик, тим вищим може бути фактор непропорційності. Це означає, що у випадках, де ризик дуже високий може бути використаний фактор непропорційності, більший ніж 10.

Максимально виправдані витрати це величина коштів, розрахована на основі ймовірності вихідного інциденту, яку доцільно витрати на заходи з безпеки, що дозволять знизити ризик такого інциденту до нуля. Знання рівня таких витрат дозволяє підібрати адекватні та ефективні заходи з безпеки, а також здійснити їх ранжування з огляду на прийнятний рівень практичної доцільності (а саме забезпечуване зменшення допустимого ризику) та наявні джерела фінансування:

$$\begin{aligned} \text{Максимально Виправдані Витрати} &= \text{Вартість інциденту} * \\ &* \text{Ймовірність інциденту} * \text{DF} \end{aligned} \quad (2)$$

Однак залишається питання, наскільки ж витрати можуть переважити вигоди перш ніж будуть оцінені як «надзвичайно непропорційні». Відповідь залежить від факторів, які безпосередньо впливають на розмір фактору непропорційності, а саме які роблять Чисту поточну вартість (NPV) інвестицій в безпеку рівною нулю:

$$\text{DF}^0 = \frac{\text{PV}(C)}{\text{PV}(B)} = \frac{\sum_{t=0}^n C_t / (1+r)^t}{\sum_{t=0}^n B_t / (1+r)^t} = \frac{M + \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n r} Mm}{epnVa}, \quad (3)$$

де n - період життєвого циклу інвестиційного проекту в СФЗ у роках;

PV(C) - поточна вартість витрат інвестиційного проекту в СФЗ;

PV(B) - поточна вартість вигод інвестиційного проекту в СФЗ;

С_k - потік витрат інвестиційного проекту в СФЗ у k-му році;

В_k - потік вигод від інвестиційного заходу в СФЗ у k-му році;

r - ставка дисконту (виражена десятковим дробом);

t - порядковий номер року де $k = 0,1,2,3 \dots n$;

M - первинні витрати на захід з безпеки включаючи монтаж, виражені

у відповідній валюті;

m - щорічні поточні витрати на обслуговування, виражені у відповідній валюті;

e - ефективність інвестиції у захід з безпеки, виражена у процентах;

p - ймовірність настання інциденту з безпеки;

n - часовий горизонт, виражений у роках;

V - загальні витрати від інциденту з безпеки;

a - фактор відвернення ризику.

Використовуючи результати моделювання зміни цього фактору за основними критеріями проектів, можливо порівняти альтернативні заходи безпеки на підставі галузевих та фінансових показників.

Наступний алгоритм може бути застосований для оцінки ефективності та прийняття рішень щодо можливих варіантів інвестицій в системи фізичного захисту для протидії сценаріям інцидентів всіх типів (див. рис. 1).

Розпочати необхідно з оцінки вразливості системи та визначити основні типи ризиків які мають бути зменшені, ймовірності їх виникнення та потенційні негативні наслідки. Подальша технічна та фінансова оцінки можуть бути виконані паралельно та базуватися на результатах попередніх кроків. Технічна оцінка зосереджена на визначенні найбільш відповідних інвестицій у безпеку, заснованих на оцінці загроз безпеці, які могли б вплинути на величину відвернутого ризику. З цією метою має бути визначені варіанти можливих інвестицій в безпеку та для кожного варіанту повинні бути визначені основні як вартісні так і відносні характеристики.

Враховуючи, що деякі з визначених інвестицій з технічної точки зору можуть бути не сумісними з наявною системою то від таких заходів потрібно відмовитися перед здійсненням наступних кроків аналізу. Мета фінансової оцінки полягає в тому, щоб визначити бюджет заходів з безпеки, наприклад, відмовившись від деяких інвестицій у безпеку, які є занадто дорогим та недостатньо ефективними. Для оцінки грошових потоків інвестицій у безпеку повинні бути також визначені і необхідні параметри: норма дисконту та період життєвого циклу інвестиційних заходів або нормативний термін експлуатації.

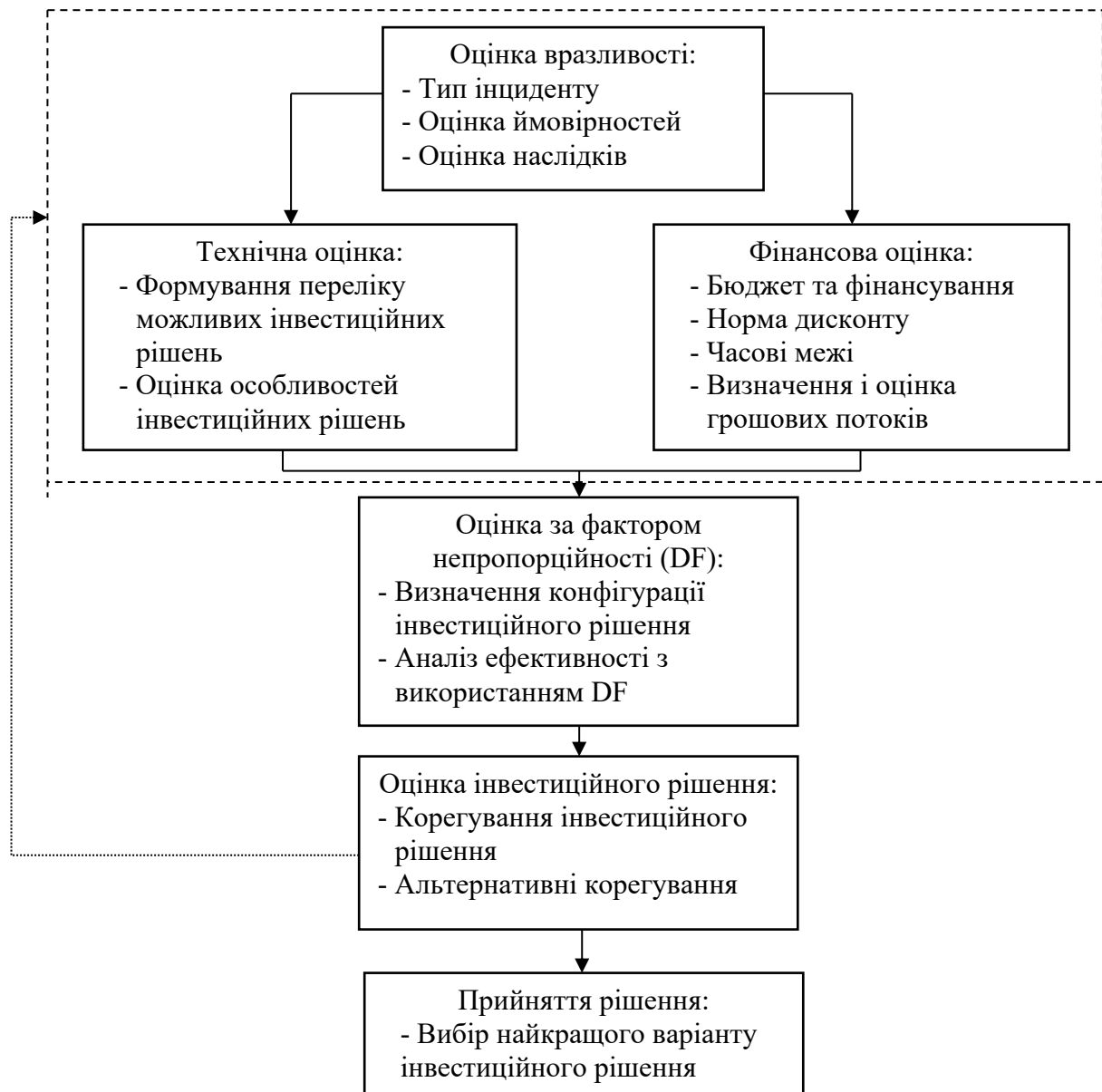


Рис. 1. Алгоритм прийняття рішень

Для кожного з варіанту можливих інвестицій в безпеку необхідно оцінити їх фінансовий вплив з урахуванням фактору непропорційності, щоб інвестиції в безпеку формували прибуток. За результатами такої оцінки може виникнути потреба і у певній конфігурації розглянутих варіантів інвестиційних рішень. Крім того, наявні варіанти можуть бути оцінені шляхом аналізу чутливості, для якого використовуються в якості ймовірнісних параметрів можливі наслідки і ймовірності сценаріїв інциденту. Тому, головна мета інвестиційної оцінки полягає в тому, щоб оцінити надійність вибору згідно з різними сценаріями, і припущеннями. Для більш точного визначення доцільно зробити розрахунки для декількох різних сценаріїв змінюючи поступово різні параметри для того щоб дослідити зміни звичайного фактору непропорційності та збалансованого по NPV. Іноді, фінансова і технічна оцінка повинні бути повторені, щоб перебудувати технічні та фінансові елементи, включені в модель вирішення. В деяких випадках, спеціально для сценаріїв інциденту безпеки типу II, де немає точних розрахунків по рівню ризиків, можуть бути розглянуті альтернативні сценарії шляхом порівняння, наприклад, за вищою або більш низькою ймовірністю інциденту (відмінність між найгіршим варіантом, більш імовірним сценарієм, найбільш ймовірним сценарієм, і т. д.).

Заключний крок – це прийняття рішення, або вибір найкращого варіанту.

З метою наочного підтвердження можливості застосування розглянутих методів оцінки ефективності заходів з модернізації систем фізичного захисту автором здійснено теоретичні розрахунки ефективності можливих варіантів технічного переоснащення СФЗ гіпотетичного об'єкту Інститут Лагассі (далі - Інститут).

Характеристики Інституту, опис цілей правопорушників та основні характеристики системи фізичного захисту об'єкту взяті з навчально-

методичних матеріалів МАГАТЕ. На основі цих даних проведено аналіз об'єктової проектної загрози, розроблено два основні сценарії дій правопорушників та сил реагування. На основі отриманої інформації проведена оцінка вразливості СФЗ Інституту.

Результатами розрахунків була доведена необхідність збільшення імовірності нейтралізації правопорушників перш за все за рахунок удосконалення системи фізичного захисту Інституту шляхом її обладнання додатковими засобами виявлення вторгнення та затримки, а також удосконалення дій сил реагування.

З цією метою було розроблено рекомендації для двох варіантів удосконалення СФЗ Інституту:

- Варіант 1 – мінімально затратний та достатньо ефективний для досягнення нормативних показників ризику;
- Варіант 2 – без обмежень бюджету для досягнення нормативних показників ризику.

При цьому слід відзначити, що за Варіантом 1 удосконалення СФЗ Інституту передбачає мінімальне удосконалення ІТЗ у критичній точці виявлення, а саме на межі зовнішнього периметру, достатнє для досягнення нормативного значення ризику з урахуванням максимально ефективного застосування наявної охорони та сил допомоги ззовні. У розрахунках витрат за цим Варіантом окрім вартості технічних заходів також враховано зростання витрат через збільшення кількості осіб з групи реагування, збільшення кошторису на їх забезпечення, утримання та навчання тощо.

Варіант 2 у свою чергу направлений на досягнення нормативного показника ризику виключно за рахунок заходів з обладнання та технічного переоснащення ІТЗ СФЗ Інституту у всіх точках, де можливо організувати або підвищити показники ймовірності виявлення, оцінки та затримки просування можливих правопорушників без внесення змін та

удосконалення діючої на об'єкті функції нейтралізації охороною та силами допомоги ззовні.

Для демонстрації можливості застосування запропонованих автором методик спочатку здійснено аналіз ефективності капітальних вкладень за запропонованими варіантами за загальноекономічним підходом із застосуванням норми дисконту 2,5% (див. табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння грошових потоків Варіантів 1 та 2

Проект	Потік грошових коштів за періодами, тис. євро						IRR	NPV, 2,5%
	0	1	2	3	4	5		
Варіант 1	- 230	60	200	230	240	150	58,04%	582,48
Варіант 2	- 900	150	310	360	390	300	18,05%	494,18
Різниця (2-1)	- 670	90	110	130	150	150	- 39,99%	- 88,31

Розрахунки показників ефективності грошових потоків та їх симуляції графічно представлені на рис. 2. З результатів розрахунків зроблено висновок, що незважаючи на суттєвий щорічний розмір абсолютних витрат впродовж життєвого циклу, проект за Варіантом 1 генерує меншу величину сумарних витрат ніж Варіант 2. Хоча Варіант 2 є більшим по абсолютному розміру щорічних величин чистого грошового потоку, з позицій аналізу «витрат-вигод» Варіант 1 є більш привабливим для інвестора.

Графіки NPV обох Варіантів наочно демонструють, що вони обидва впродовж життєвого циклу забезпечують стабільну позитивну динаміку зростання грошових потоків окрім останнього року, коли з причини фізичного зносу обладнання витрати на обслуговування та компенсуючі заходи зростають, погіршуючи тим самим темпи приросту.

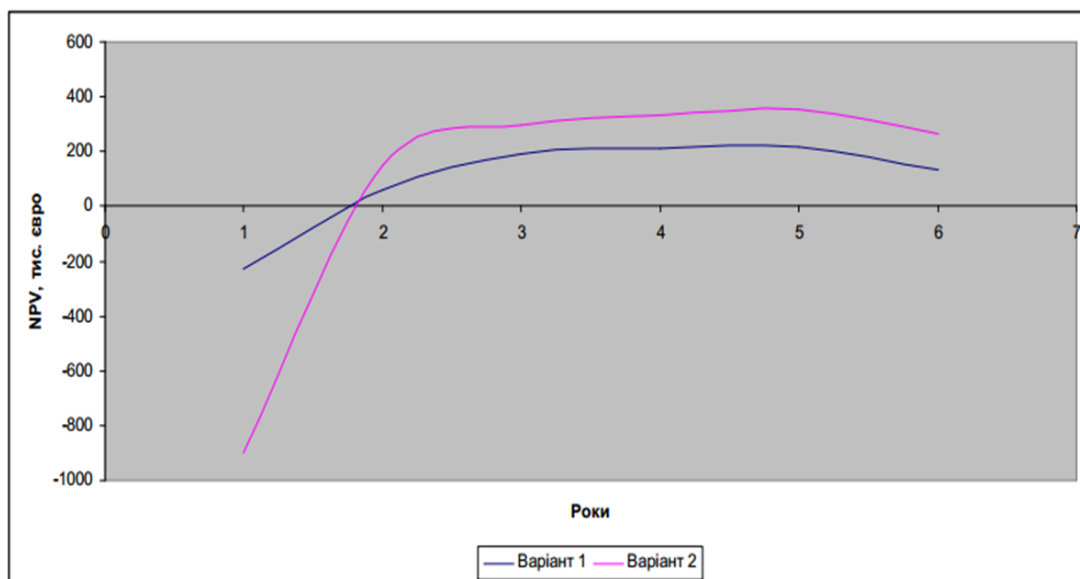


Рис. 2. Криві Чистої приведеної вартості (NPV) грошових потоків Варіантів 1 та 2

Внаслідок аналізу загальних фінансових показників виникла ситуація, коли рівень ефективності капітальних вкладень в обидва варіанти не дозволяє прийняти однозначний висновок щодо вибору між ним. Оскільки у обох $NPV > 0$, $IRR >$ ставки дисконту, $PI > 1$, а DPP майже однаковий, що свідчить про доцільність реалізації обох проектів та не дозволяє явно надати перевагу жодному з них. Однак Варіант 1 все ж має вищу величину чистої приведеної вартості та більший показник внутрішньої норми доходності.

Таблиця 2

Оцінка ефективності потоку приросту Варіантів 1 та 2

Проект	Потік грошових коштів за періодами, тис. євро						IRR	NPV при -1,86%
	0	1	2	3	4	5		
Різниця (2-1)	- 670	90	110	130	150	150	- 1,86%	705,72

Для того щоб переконатися в правильності думки щодо кращих очікувань від реалізації Варіанту 1 було визначено потік приросту (див. табл. 2) для даних проектів та проведено оцінку його ефективності. Розрахунки показали що обидва проекти мають однакове значення NPV 705,72 тис. євро при ставці дисконту, що дорівнює -1,86%. Наочно це відображено на рис. 3.

Застосована в розрахунках норма дисконту 2,5% є більшою за отримане значення в точці Фішера (- 1,86%), тобто NPV та IRR цих проектів узгоджуються між собою, а отже і оцінках їх ефективності та інвестиційної привабливості може повністю ґрунтуватися на них. Тобто вищу інвестиційну привабливість має проект з вищою внутрішньою нормою доходності, у нашому випадку це Варіант 1, NPV якого і на графіку показує більш полого спадання, а отже стабільніше генеруватиме позитивний потік доходів навіть у випадку суттєвого погіршення економічної ситуації, яка може спричинити необхідність перегляду у бік збільшення ставки дисконтування. При цьому Варіант 2 демонструє прогнозовані але обмежені параметри зростання грошового потоку, які мають середньостатистичні фінансові характеристики.

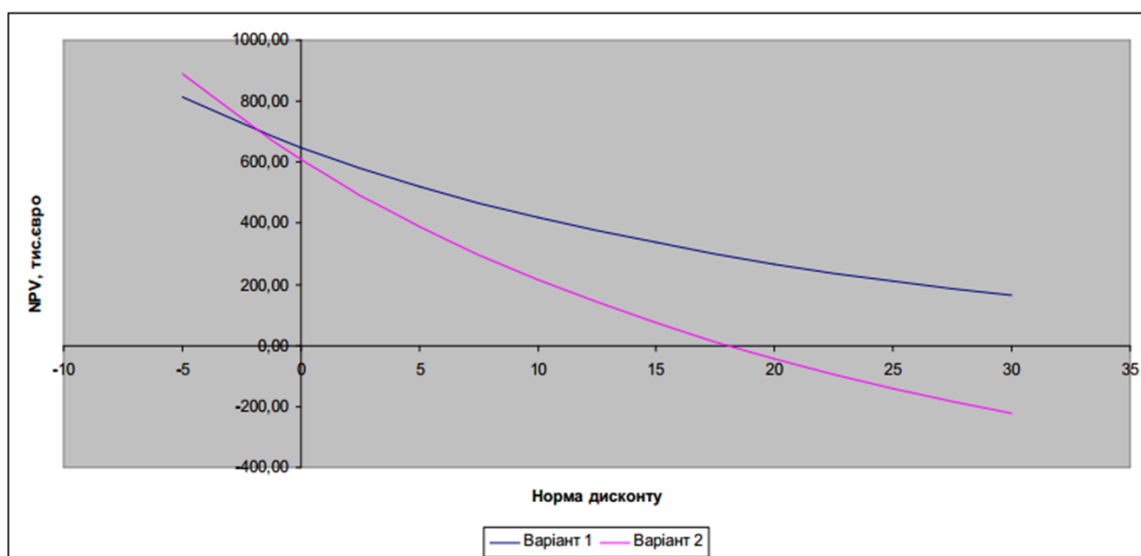


Рис. 3. Криві приросту Чистої приведеної вартості (NPV) грошових потоків Варіантів 1 та 2

Для остаточного вибору між Варіантом 1 та 2 автором були здійснені галузево орієнтовані розрахунки із застосуванням методик оцінки інвестицій в заходи з безпеки типу II. Оскільки методики оцінки заходів з безпеки типу I більш доцільно використовувати для оцінки проектів з технічного переоснащення фізично зношених або застарілих елементів ІТЗ

або їх груп у вже існуючій СФЗ, яка в цілому відповідає нормативним вимогам з безпеки.

Для потреб ілюстрації галузевого підходу на основі визначених методом апроксимації параметрів реальних інцидентів здійснено розрахунки розмірів відвернутих витрат (МВВ), щорічних заощаджень (R), які можуть бути отримані від відвернення інциденту з безпеки розглядаємими інвестиціями, а також динаміку збалансованого по нульовому NPV фактору непропорційності DF^0 (див. табл. 3).

Таблиця 3

Величини складових інвестицій у заходи з безпеки (євро)

Символ	Опис	Варіант 1	Варіант 2
МВВ _{1%}	Відвернуті витрати	49163,33	53383,48
МВВ _{2%}	Відвернуті витрати	89387,88	97060,88
МВВ _{5%}	Відвернуті витрати	210061,5	228093
МВВ _{8%}	Відвернуті витрати	330735,14	359125,25
R _{1%}	Заощадження від уникнення інциденту з безпеки	9332,58	8938,47
R _{2%}	Заощадження від уникнення інциденту з безпеки	16002,75	15308,64
R _{5%}	Заощадження від уникнення інциденту з безпеки	34585,81	33029,17
R _{8%}	Заощадження від уникнення інциденту з безпеки	52085	49695,63
DF _{1%0}	Збалансований фактор непропорційності	5,4512	16,1205
DF _{2%0}	Збалансований фактор непропорційності	3,1791	9,4125
DF _{5%0}	Збалансований фактор непропорційності	1,4710	4,3626
DF _{8%0}	Збалансований фактор непропорційності	0,9768	2,8995

Як видно з кривих зростання Відвернутих витрат (див. рис. 4) та кривих падіння Збалансованого фактору непропорційності DF^0 (див. рис. 5) вже на середині інтервалу зростання Варіант 1 є більш прийнятним з погляду первинних витрат на монтаж обладнання, у той час як Варіант 2 має краще співвідношення за рівнем сервісних витрат навіть при найнижчих втратах від імовірного інциденту з безпеки.

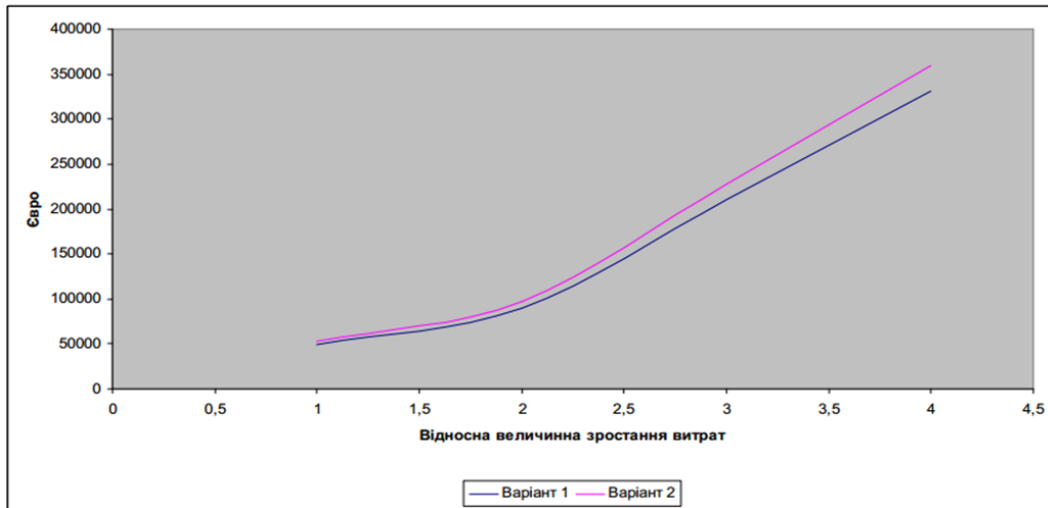


Рис. 4. Криві зростання Відвернутих витрат Варіантів 1 та 2

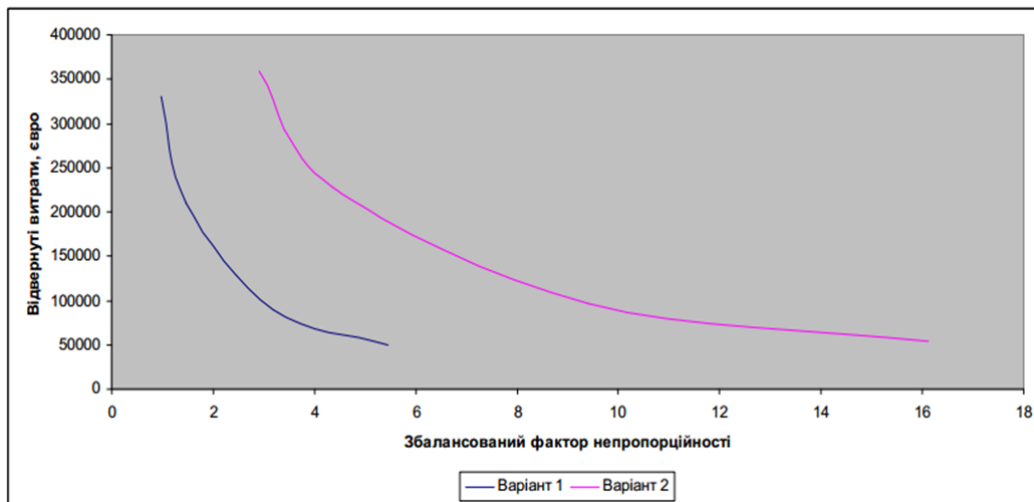


Рис. 5. Криві залежності між Відвернутими витратами та Збалансованим фактором непропорційності Варіантів 1 та 2

На рис. 4 та 5 спостерігається обернено пропорційна залежність, яка ілюструє тенденцію до зменшення непропорційності відношення зростання витрат пов'язаних з інцидентами з безпеки до витрат на впровадження заходів з підвищення безпеки. Тобто, із збільшенням масштабності та шкідливості можливого інциденту зростає виправданість, а отже і ефективність, заходів з безпеки для протидії якому вони створюються або удосконалюються.

Отриманий висновок наочно підтверджується розрахунками залежності між МВВ та DF^0 Варіантів 1 та 2, результати яких графічно

представлені на рис. 5. При чому слід відзначити, що реалізація Варіанту 1 при зростанні значень непропорційності DF^0 показує нееластичну залежність величини потенційних вигод від розміру капіталовкладень в систему безпеки, а отже вимагає чіткого виконання запроектованих заходів у визначені терміни та на визначених розрахунках умовах. У той час як крива для Варіанту 2, навпаки, при зміні DF^0 передбачає дещо більш пролонговану у часі реакцію рівня відвернутих витрат, що дозволяє здійснювати корегування реалізуємих заходів з безпеки по мірі їх здійснення у відповідності із змінами рівня загрози.

З метою оцінки екзогенних факторів впливу на отримані результати також проаналізовано криві залежності між нормою дисконту та DF^0 (див. рис. 6), а також між фактором відвернення ризику та DF^0 Варіантів 1 та 2 (див. рис. 7).

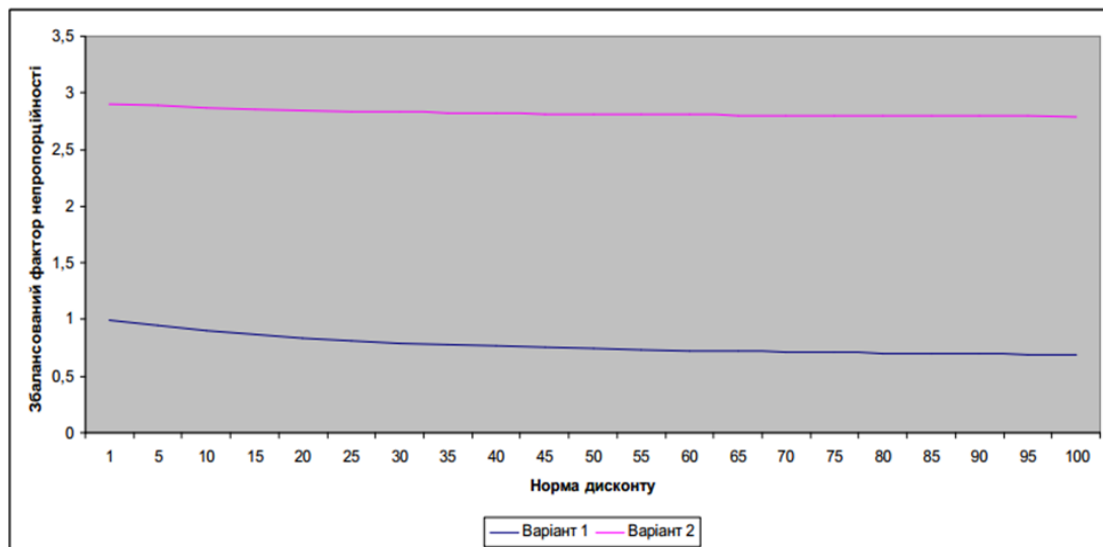


Рис. 6. Криві залежності між Відвернутими витратами та Збалансованим фактором непропорційності

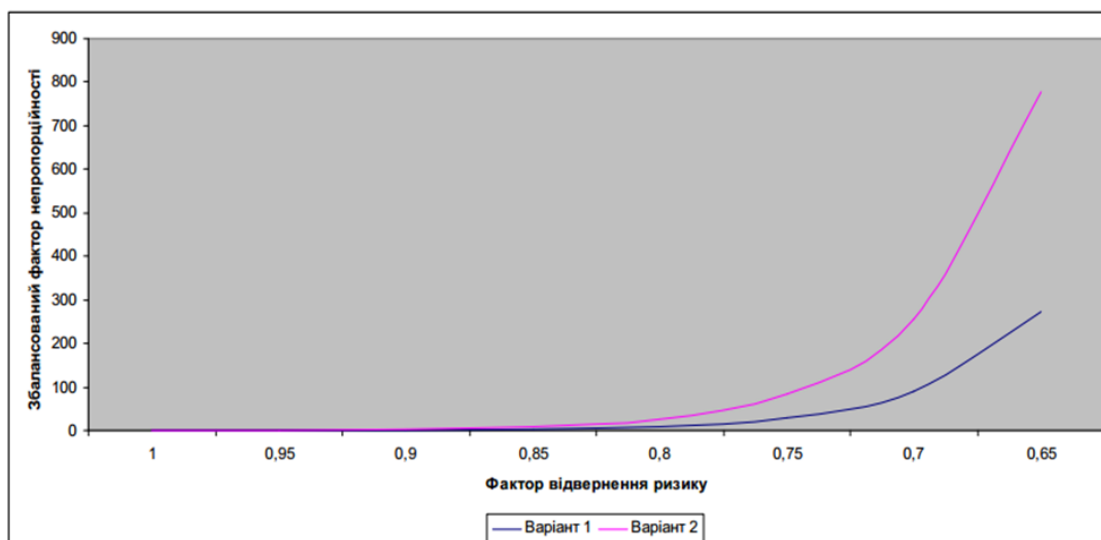


Рис. 7. Криві залежності між Фактором відвернення ризику та Збалансованим фактором непропорційності Варіантів 1 та 2

З проілюстрованих симуляцій (див. рис. 6) можна зробити висновок про низьку залежність фактору непропорційності від зміни норми дисконту для обох варіантів інвестицій в СФЗ Інституту, що підтверджує доцільність інвестицій у безпеку не залежно від зміни економічної ситуації.

Водночас відношення фактору відвернення ризику та DF^0 (див. рис. 7) вкотре підтверджують перевагу реалізації проекту за Варіантом 1 з огляду на значно меншу тенденцію до зростання непропорційності витрат по відношенню до зменшення надійності системи.

За результатами проведених симуляцій можна стверджувати що фактор непропорційності чітко реагує зростанням на збільшення рівня ризику системи безпеки, а отже зменшує ефективність витрат по відношенню до відвернутих цими заходами втрат. Таким чином чим менший фактор непропорційності тим реальнішими стають показники оцінки грошових потоків, а отже тим більше можна покладатись на результати оцінки ефективності капітальних вкладень в СФЗ.

Підсумовуючи отримані результати можна зробити висновок, що запропоновані автором підходи до оцінки ефективності капітальних

вкладень у проекти з нового будівництва або модернізації систем безпеки та результати проведеної симуляції їх практичного застосування наочно ілюструють доцільність їх практичного застосування для підвищення рівня ефективності планування інвестицій у системи фізичного захисту.

Запропоновані автором методика розрахунків та алгоритм прийняття рішень з оцінки ефективності заходів з удосконалення систем фізичного захисту можуть бути застосовувані для техніко-економічного аналізу або інвестиційної оцінки при проектуванні систем фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури.

Література

1. Brijs, T., 2013. Cost-benefit Analysis and Cost-Effectiveness Analysis Tool to Evaluate Investments in Safety Related to Major Accidents. Master thesis. University of Antwerp, Antwerp, Belgium.
2. Garvey, P.R., 2009. Analytical Methods for Risk Management. Chapman and Hall/CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
3. Gavius, A., Mizrahi, S., Shani, Y., Minchuk, Y., 2009. The cost of industrial accidents for the organization: developing methods and tools for evaluation and cost-benefit analysis of investment in safety. *J. Loss Prev. Process. Ind.* 22 (4), 434e438.
4. Head, L., Harcourt, M., 1998. The direct and indirect costs of work injuries and diseases in New Zealand. *Asia Pac. J. Hum. Resour.* 36, 46e58.
5. Heinrich, H.W., 1959. *Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach.* McGraw Hill Publishing Co, London (UK).
6. Reniers, G.L.L., Audenaert, A., 2009. Chemical plant innovative safety investments decision-support methodology. *J. Saf. Res.* 40, 411e419.
7. Reniers, G.L.L., Audenaert, A., 2014. Preparing for major terrorist attacks against chemical clusters: intelligently planning protection measures wrt domino effects. *Process Saf. Environ. Prot.* 92, 583e589.
8. Reniers, G.L.L., Van Erp, H.R.N., 2016. *Operational Safety Economics. A Practical Approach Focused on the Chemical and Process Industries.* John Wiley and sons, Chichester (UK).

9. Sun, L., Paez, O., Lee, D., Salem, S., Daraiseh, N., 2006. Estimating the uninsured costs of work-related accidents. *Theor. Issues Ergon. Sci.* 7 (3), 227e245.
10. Talarico, L., Reniers, G., Sorensen, K., Springael, J., 2015. Mistral: a game-theoretical model to allocate security measures in a multi-modal chemical transportation network with adaptive adversaries. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 138, 105e114.
11. The Twenty-Seventh International Training Course on Physical Protection of Nuclear Facilities and Materials, prepared by Sandia National Laboratories. URL: <https://share-ng.sandia.gov/itc/course-materials.html>