

Трофімчук В.І., начальник відділу енергоефективності, ORCID 0000-0002-2102-4605
ТОВ «Оператор ГТС України»
Савельєв В.Г., менеджер зі стратегії, магістр комп'ютерних систем
Групи "1+1 медіа"

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Розглянуто три методики для розрахунку економічного ефекту, на прикладі впровадження інвестиційного проекту по відбору тепла із лінії автоматичного повітряного охолодження масла під час роботи компресорної станції по транспортуванню природного газу. Для можливості прийняття рішення щодо ефективності інвестицій по проекту, проаналізовано чинники, які вплинуть на економічний ефект при реалізації проекту. Представлено діючу в газотранспортній системі методику по розрахунку економічного ефекту. Дана методика є статичною відносно оцінки руху грошових коштів та не враховує, що вартість грошей з часом змінюється. Ефективність інвестиційного проекту розраховано за іншою методикою, яка згідно з міжнародними стандартами бізнес-планування, визначає основні показники економічної ефективності інвестиційних проєктів. Недоліками приведених методик є те, що вони не враховують факторів (ризиків), які можуть виникнути під час експлуатації проекту енергоефективності та будуть впливати на його ефективність. Для оцінки ризиків та можливості аналізування їх впливу на показники ефективності інвестиційного проекту було вибрано метод імітаційного моделювання Монте-Карло. Визначено основні ризики, які можуть впливати на показники економічної ефективності інвестиційного проекту. Застосування методу Монте-Карло дозволило проаналізувати всі можливі наслідки рішень в ході реалізації проекту і оцінити вплив ризиків на показники ефективності проекту, що забезпечило більш високу ефективність прийняття рішень в умовах невизначеності. Побудовано діаграму Торнадо, яка показала, що найбільш впливовими ризик-факторами є ціна на газ та напруження в опалювальний період. Діаграма Торнадо дала можливість кількісно оцінити вплив ризик-факторів на показники ефективності проекту.

Ключові слова: економічний ефект; енергоефективність; метод Монте-Карло; ризик; інвестиційний проєкт; газотранспортна система.

Вступ.

Газотранспортна система (ГТС) України є однією з найбільших і найпотужніших у Європі. Діяльність трубопровідного транспорту із транспортування природного газу входить в п'ятірку найбільш енергоємних виробництв в Україні. ГТС України споживає близько 2% від всього споживання енергоресурсів України. [1]

Починаючи із 2020 року у зв'язку із будівництвом газопроводів в обхід території України таких як «Північний потік» та «Південний потік» суттєво зменшиться кількість транспортованого газу. Зменшення товаро-транспортної роботи приведе до зменшення рентабельності підприємства, а при недостатньому завантаженні до його збитковості. Тому на сьогодні як ніколи стає актуальним питання пошук шляхів підвищення енергоефективності підприємства.

Як відомо найбільший прибуток приносять проєкти з високим рівнем ризику, а недостатність знань та вмінь по ідентифікації та оцінці ризиків в подібних проєктах, стають на заваді їх реалізації. Як правило, для вирішення подібних проблем топ-менеджмент вдається до традиційних методів керування, які переважно базуються на особистому досвіді та суб'єктивних припущеннях, коли при прийнятті рішень не враховується весь спектр загроз та можливостей.

На транспортування природного газу здійснюється магістральними газопроводами за допомогою компресорних станцій КС, які розміщені більш менш рівномірно через кожні 100 км. В ГТС України використовуються газоперекачуючі агрегати (ГПА) потужністю від 6 да 25 МВт, максимальна потужність працюючої КС 50 МВт. Під час роботи ГПА перетворює енергію паливного газу на роботу відцентрованого нагнітача. ККД ГПА становить 25-33%, тобто корисна робота становить у середньому менше 30% інші 70% енергії втрачаються. Тому реалізація проєкту по використанню надлишкової енергії ГПА має значний економічний ефект та є актуальною.

© В.І.Трофімчук, В.Г. Савельєв, 2020

Формування цілей статті.

Авторами було сформульовано наступні цілі:

- оцінити економічну ефективність впровадження проекту по відбору тепла із лінії АПО масла на КС (термін окупності, економічний ефект) в залежності від вибору методики розрахунку;
- довести переваги методу імітаційного моделювання Монте-Карло перед іншими методами при проведенні оцінки ефективності проекту по відбору тепла з АПО.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема використання різних статистичних та імітаційних методів оцінки ризиків в проектах з енергозбереження достатньо глибоко досліджується багатьма вченими у їх роботах, зокрема у [2], де розглянуто методичні особливості оцінки еколого-економічної ефективності інвестиційних проектів з енергозбереження. У [3] розглянуті проблемами енергетичного сервісу та оцінки ризиків, що виникають у таких проектах. Робота [4] присвячена зниженню та оцінці ризиків в проектах із енергоефективності, зокрема різними методами визначається ймовірність виникнення ризиків та подано кількісну оцінку важкості наслідків від їх реалізації.

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

На сьогодні у світі діють декілька механізмів спрямування коштів у енергоефективність. Джерелом фінансування більшості програм є донори та міжнародні фінансові організації. Іншим джерелом фінансування заходів із енергоефективності є власні кошти підприємств та кошти енергосервісних компаній (ЕСКО) [5, 6]. Нажаль, відсоток використання таких коштів є невисоким, у першу чергу через недостатній розвиток ризик орієнтованого підходу до впровадження енергоефективних проектів.

Авторами визначено оптимальну методологію для розрахунку економічного ефекту, на прикладі впровадження інвестиційного проекту по відбору тепла із лінії автоматичного повітряного охолодження АПО масла під час роботи компресорної станції КС по транспортуванню природного газу

Висвітлення основного матеріалу.

Для вирішення поставлених цілей дослідження розглянемо інвестиційний проект, який полягає у встановленні теплообмінника на лінії трубопроводів системи охолодження масла ГПА та підігріву теплоносія системи опалення компресорної станції шляхом передачі тепла від масла до теплоносія. Передане тепло буде направлено для підігріву теплоносія, який використовується для обігріву приміщень в опалюваний період та підтримання ГПА у так званому «гарячому резерві» за рахунок передачі тепла від теплоносія до масла не працюючих ГПА [7], а відведене з підшипникових вузлів газотурбінного двигуна і нагнітача ГПА тепло, забезпечить економію електроенергії для роботи двигунів вентиляторів системи охолодження масла.

Інвестиційний проект коштує 2600 тис. грн. на одну КС. Для впровадження вибрано 7 КС одного із магістральних газопроводів.

Обсяг прогнозованого транзиту ГТС України на 2020-2024 роки складає 225 млрд м³. Проект розрахується на 5 років, тобто на період гарантованого завантаження газотранспортної системи ГТС.

Основними показниками економії енергоресурсів у разі роботи запропонованого проекту будуть:

- кількість зекономленого газу котельнею;
- кількість зекономленої електроенергії підігрівачами масла;
- кількість зекономленої електроенергії двигунами вентиляторів АПО масла.

Слід зауважити, що при реалізації проекту економію газу на роботу котельні буде отримано тільки при роботі КС в опалюваний період. Економія електроенергії буде протягом усього періоду роботи КС, оскільки під час роботи КС на одному із резервних агрегатів потрібно підтримувати системи у готовності до пуску. Економія електроенергії через зменшення часу роботи двигунів вентиляторів узятя із розрахунку річного напрацювання КС та економії від зменшення роботи двигунів вентиляторів АПО масла із одного ГПА. Це пов'язано із тим, що у опалюваний період, відбір тепла із масла буде більшим і економія буде отримана від роботи декількох АПО масла, а у літній період буде часткова економія на одному із АПО масла.

На сьогодні в ГТС України діє методика щодо визначення економічного ефекту від впровадження заходів нової техніки [8] (Методика), згідно якої економічний ефект вимірюють як різницю між грошовими доходами завдяки впровадженню та експлуатації заходів і грошовими витратами на розроблення, впровадження та використання заходів.

Основою для розрахунку економічного ефекту застосовується формула (1) методичних рекомендацій [9], які затверджені Державним патентним відомством України.

$$П = Д - В \quad (1)$$

де: П – прибуток від використання заходу енергоефективності; Д – дохід від використання заходу енергоефективності; В – витрати на впровадження заходу енергоефективності.

Дохід визначається як сума частин джерел доходу пов'язаних із заходом енергоефективності. У нашому випадку це вартість зекономленої електроенергії та газу за визначений період використання.

Згідно [12] об'єм скорочення витрат енергетичних ресурсів від реалізації проекту визначають як різницю між кількістю енергоресурсів, яка була використана за останній календарний рік експлуатації та розрахунковою кількістю енергоресурсів при впровадженні заходу енергоефективності.

$$\Delta Q = Q_{д\backslashз} - Q_{п\backslashз} \quad (2)$$

де: ΔQ – об'єм скорочення витрат; $Q_{д\backslashз}$ - кількість енергоресурсів, яка була використана за останній календарний рік експлуатації; $Q_{п\backslashз}$ - розрахункова кількість енергоресурсів при впровадженні заходу енергоефективності.

Ціни на енергоресурси приймаються згідно із діючими тарифами у році по якому розраховується проект [10].

Для можливості прийняття рішення щодо ефективності інвестицій по проекту, було проаналізовано чинники, які вплинуть на економічний ефект при реалізації проекту. Результати однієї із КС показано у таб.1. Для проведення розрахунків ціни на енергоресурси взято із [11,12].

Таблиця 1. Основні техніко-економічні показники проекту, які вплинуть на його ефективність по КС №2

№	Найменування	Одиниці виміру	Значення за 2019 рік
1	Експлуатаційні характеристики проекту		
1.1	Напрацювання КС в опалювальний період	доба	40
1.2	Напрацювання КС за рік	доба	64
1.3	Кількість газу потрачена на роботу котельні	м ³ /рік	192983
1.4	Споживання електроенергії підігрівачами масла	кВт/год	15
1.5	Споживання електроенергії двигунами вентиляторів	кВт/год	22
2	Показники ефективності проекту		
2.1	Кількість зекономленої електроенергії підігрівачами масла	кВт\год	23040
2.2	Кількість зекономленої електроенергії двигунами вентиляторів	кВт\год	21120
2.3	кількість зекономленого газу на роботу котельні	м ³	42648,2
2.4	Середня ціна електроенергії	кВт/год/грн	2,5
2.5	Середня ціна газу	м3/грн	9,2
3	Економічні характеристики проекту		
3.1	Вартість зекономленого газу на роботу котельні	грн	392363,2
3.2	Вартість зекономленої електроенергії	грн	108192,0
3.3	Економічний ефект від заходу всього	тис. грн.	500,6

Провівши таким чином аналіз роботи по усім семи КС було виведено ймовірний економічний ефект від впровадження проекту таб.2

Таблиця 2. Розрахований економічний ефект у разі впровадження заходу енергоефективності за 2019 рік

Компресорна станція	КС №1	КС №2	КС №3	КС №4	КС №5	КС №6	КС №7
Розрахований середній економічний ефект за 2019 рік (тис. грн.)	8,8	500,6	1114,0	345,6	469,2	1702,8	426,0

Для реалізації проекту було вибрано дві КС із найбільшим потенціалом економічного ефекту, це КС №3 та КС №6. Ці КС є ключовими при транспортуванні газу у даному напрямку, крім того вони переобладнанні для роботи у реверсному напрямку перекачки газу. Тому ймовірність їх роботи набагато вища порівняно із іншими КС.

Згідно Методики термін окупності витрат визначають відношенням одноразових витрат (вартість капіталовкладень) до економії (економічного ефекту), отриманої від заходу енергоефективності:

$$C_o = I/E_p \quad (3)$$

де: I – інвестиції у проект грн, E_p – середній економічний ефект за рік.

Термін окупності по КС №3 та КС №6 буде:

$$C_{КС№3+КС№6} = (2600 + 2600)/(1114,0 + 1702,8) \approx 1,8 \text{ роки}$$

А загальний економічний ефект, тобто сума зекономлених коштів, за 5 років складе майже 14,1 млн. грн.

Приведена методологія є статичною відносно оцінки руху грошових коштів та не враховує, що вартість грошей з часом змінюється. Тому для оцінки ефективності інвестиційного проекту було використано іншу методику, яка згідно з міжнародними стандартами бізнес-планування, визначає основні показники економічної ефективності інвестиційних проектів.

Із часом зекономлені кошти втрачають у своїй вартості. Тому, для визначення справжньої (приведеної) вартості грошей використовують поняття дисконтування. В результаті, справжньою (приведеною) вартістю грошей є сума майбутніх грошових надходжень, приведених до теперішнього моменту часу з урахуванням певної процентної ставки (ставки дисконтування):

$$k_d = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (4)$$

де: k_d - справжня (приведена) вартість грошей; i - відсоткова ставка; n - номер періоду, кількість років.

Чиста приведена вартість NPV є прибутком від проекту за вирахуванням вартості грошей і доплати за ризик. Математично NPV є сумою дисконтованих грошових потоків проекту. Чиста приведена вартість розраховується з використанням прогнозованих грошових потоків, пов'язаних з планованим інвестиційним проектом, за такою формулою:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_{1t}}{(1+r)^t}, \quad (5)$$

де: CF_t - чистий грошовий потік з урахуванням інвестицій; r - ставка дисконтування; n - порядковий номер періоду грошового потоку з моменту початку реалізації проекту.

В нашому випадку, чистими грошовими потоками від проекту є сума коштів, зекономлених за рахунок зменшення споживання газу та електроенергії, за вирахуванням суми інвестицій.

Дисконтований термін окупності DPB показує за який період часу інвестиційні витрати будуть покриті за рахунок зекономленої суми коштів, приведеної до теперішнього моменту та визначається за формулою:

$$\sum_{t=1}^n DCF_{0t} = \sum_{t=1}^n I_t, \quad (6)$$

де: DCF_{0t} – дисконтований грошовий потік в період t ; I_t - сума інвестицій в період t .

Згідно розрахунків, дисконтований термін окупності проекту складає 2,2 роки, а дисконтований грошовий потік за 5 років (загальний економічний ефект) – 5,7 млн. грн. рис.2. Таким чином, розрахунок за даною методикою показав збільшення терміну окупності проекту на 22% (з 1,8 до 2,2 років відповідно) та зменшення економічного ефекту на -8,4 млн. грн. (з 14,1 до 5,7 млн. грн. відповідно), порівняно із розрахунками за методикою затвердженою в ГТС України.

Недоліками приведених Методик є те, що вони не враховують факторів (ризиків), які можуть виникнути під час експлуатації проекту енергоефективності та будуть впливати на його ефективність, зокрема:

- 1) не враховується зміна вартості енергоресурсів для розрахунку економічного ефекту;
- 2) не враховується прогнозна кількість діб роботи КС;
- 3) не враховується коливання кількості газу спожитого котельнею за період експлуатації заходу енергоефективності;

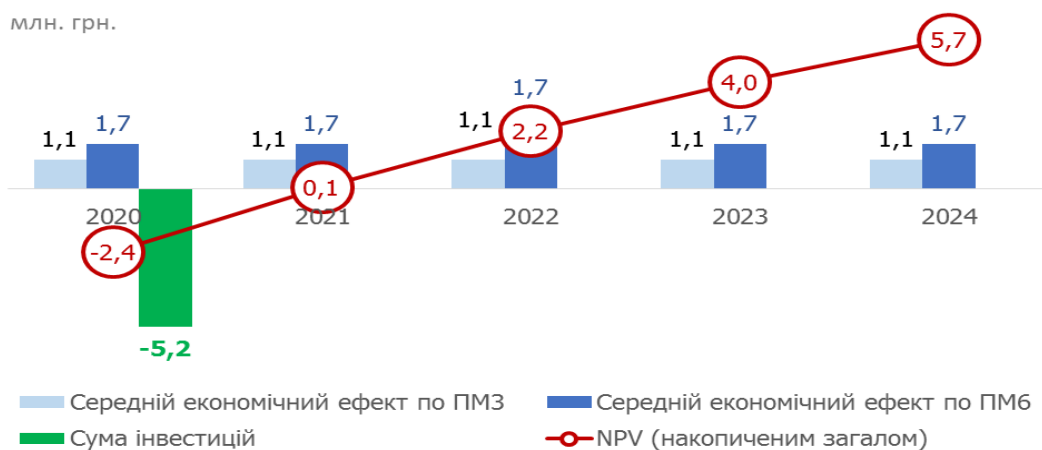


Рисунок 1. Дисконтований грошовий потік (NPV) проекту за 5 років

Крім того обидві Методики передбачають точкове значення строку досягнення економічного ефекту, а з точки зору математичного моделювання ймовірність досягнення точкового прогнозованого значення наближається до нуля. Тобто, твердження, що запланований економічний ефект буде досягнуто за конкретний термін, у переважній більшості випадків не досягне.

Таким чином, можна стверджувати, що в умовах постійних змін та факторів невизначеності, точно спрогнозувати показники проекту та вартість зекономлених енергоресурсів – неможливо. А невизначеність та зміни спричиняють ризики, які можуть з певною вірогідністю призвести до тих чи інших втрат.

Для оцінки ризиків та можливості аналізування їх впливу на показники ефективності інвестиційного проекту було вибрано метод імітаційного моделювання Монте-Карло. Моделювання за методом Монте-Карло дозволяє отримати розподіл ймовірностей можливих значень показників NPV та терміну окупності проекту [13].

Для початку, вибрано основні ризики, які можуть впливати на показники економічної ефективності інвестиційного проекту:

- коливання кількості діб напрацювання компресорної станції за рік;
- коливання кількості діб напрацювання компресорної станції;
- коливання вартості природного газу;
- коливання вартості електроенергії;
- коливання обсягів споживання природного газу котельнею.

Для можливості імітаційного моделювання ризиків, по кожному з визначених ризик-факторів вказуємо його «базове значення». Далі, за допомогою методу експертних оцінок, визначаємо відповідні діапазони відхилень від базового значення (відхилення по ризику «-»), відхилення по ризику «+»), див. табл. 3.

Таблиця 3. Ризик-фактори та діапазони відхилень від їх базових значень

Ризик-фактор	Одиниця виміру	Відхилення по ризику "-"	Відхилення по ризику "+"	Мін.	Базове значення	Макс.
Середня ціна газу	грн/м ³	-10%	50%	5,7	6,4	9,5
Середня ціна е/е	грн/кВт*год	-10%	30%	2,5	2,8	3,7
Споживання газу котельнею КС3	тис. м ³	-10%	10%	122	136	150
Споживання газу котельнею КС6	тис. м ³	-10%	10%	155	172	189
Напрацювання КС3 в опалювальний період	діб	-10%	20%	97	108	130
Напрацювання КС3 за рік	діб	-10%	20%	225	250	300
Напрацювання КС6 в опалювальний період	діб	-10%	20%	131	145	174
Напрацювання КС6 за рік	діб	-10%	20%	253	281	337

Коливання вартості природного газу та електроенергії залежить від цін на світовому ринку енергоресурсів. Середню ціну газу було закладено в діапазоні (-10% до 50%) так як аналіз цін за 3 роки показав, що середня ціна газу коливалась від 11,85 грн/м³ у 2018 році до 5,5 грн/м³ у березні 2020 року. Вірогідність того, що ціна газу продовжить знижуватись є невисокою так як вона майже досягла свого мінімуму. Середню ціну електроенергії було закладено в діапазоні (-10% до 30%). Аналіз цін за 3 роки показав стійке зростання ціни, тому вірогідність коливання ціни в більшу сторону є вищою.

Коливання кількості діб напрацювання компресорної станції у опалюваний період та за поточний рік в цілому залежить від режиму роботи ГТС. Напрацювання компресорної станції було закладено в діапазоні (-10% до 20%). Коливання вірогідності у більшу сторону пов'язано із тим, при плануванні режиму роботи ГТС диспетчерське управління буде надавати перевагу роботі саме цих КС, так як завдяки реалізації проекту їх робота буде більш енергоефективною. Стабільність обсягу транспортування газу ГТС закладена у контракті із Газпромом.

Коливання обсягів споживання природного газу котельнею, залежить від середньої температури повітря у опалювальний період. Споживання природного газу котельнею закладено в діапазоні (-10% до 10%) так як прорахувати його майже не можливо.

Це дозволяє сформувати діапазон допустимих значень для кожного з ризик-факторів («мінімальне значення», «максимальне значення»), рис. 2

Базові значення для ризик-факторів та діапазони допустимих відхилень

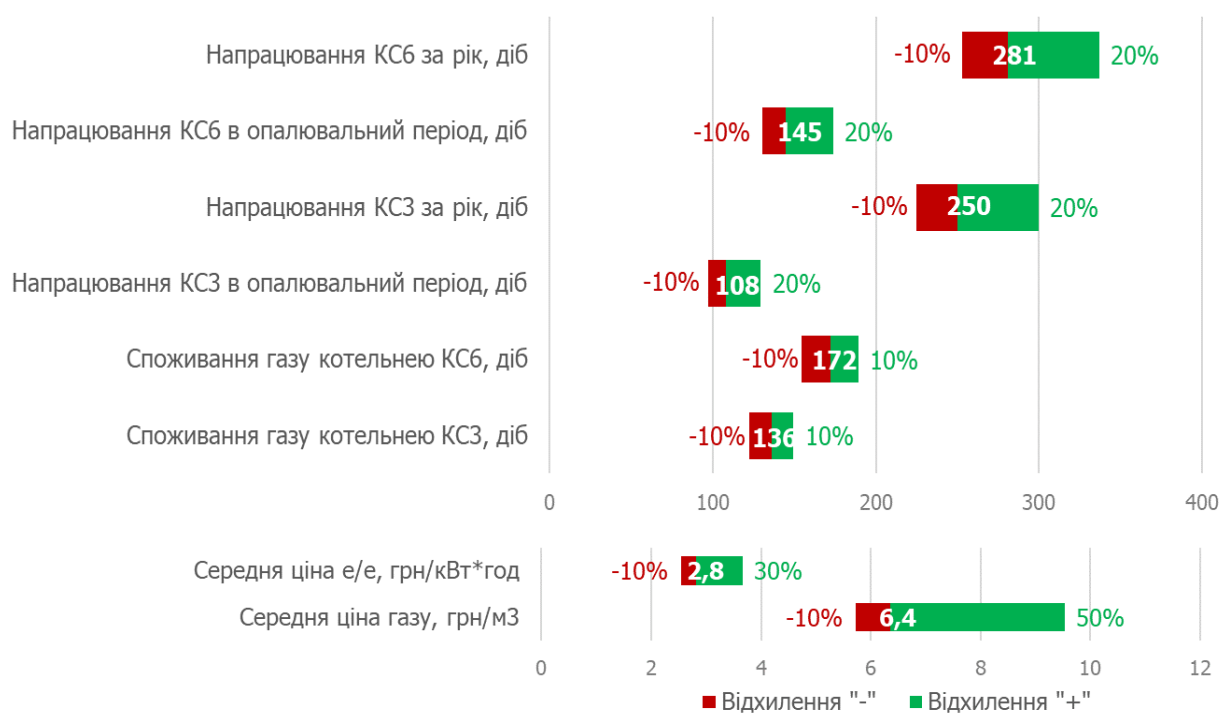


Рисунок 2. Ризик-фактори та діапазони відхилень від їх базових значень

Далі за допомогою спеціалізованого програмного додатку ModelRisk, інтегрованого в Excel, для кожного ризик-фактору ми задали функцію розподілу ймовірностей PERT. Саме даний вид розподілу був вибраний з огляду на те, що він призначений для формування математичних моделей експертних оцінок, де задається «мінімальне», «базове» (тобто найімовірніше) та «максимальне» значення у вигляді припущень експертів. Типовий графік PERT-розподілу показаний на рисунку 3, де по осі X вказані значення показника в діапазоні від 0 до 50, по осі Y – величина ймовірності в діапазоні від 0 до 10%.

Графіки розподілу ймовірностей (PERT-розподіл), які були змодельовані додатком ModelRisk для ризик-факторів «Середня ціна газу» показані на рисунку 4.

По осі X вказано ймовірні значення ризик-фактору, а по осі Y- ймовірність кожного зі значень, виражена у частках (0.01=1%).

Наприклад, діапазон ймовірних значень для ризик-фактору «Середня ціна на газ» складає від 5,7 до 9,5 тис. грн./м³. І відповідно ймовірність того, що ціна буде нижчою за 5,9 тис. грн./м³ складає 5%, нижчою за 7,99 тис. грн./м³ – 95% і т.д.

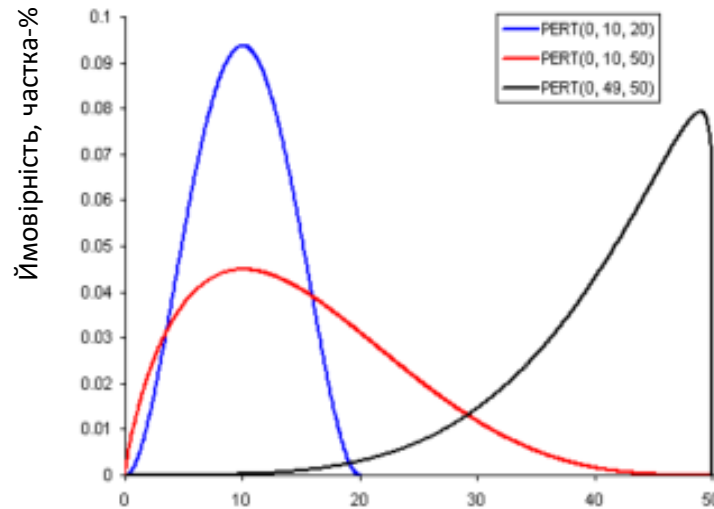


Рисунок 3. Графік функції розподілу ймовірностей PERT для імітаційного моделювання ризик-факторів

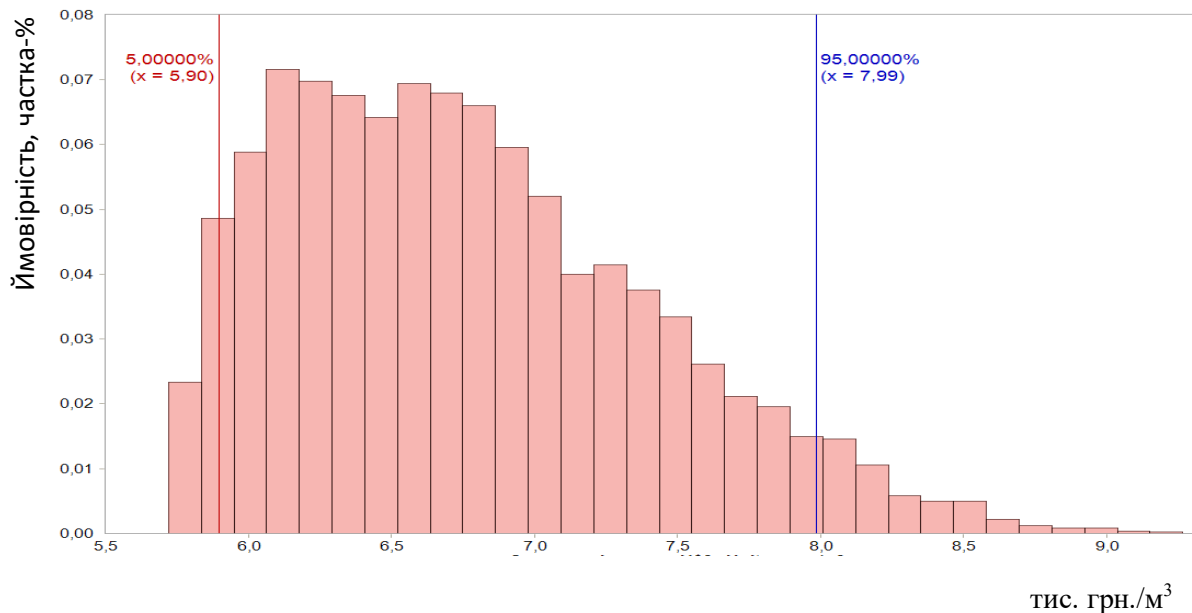


Рисунок 4. PERT-розподіл для ризик-фактору «Середня ціна газу»

Згідно отриманих результатів розподілу ймовірностей можливих значень показнику NPV проекту (рис.5, по осі X вказано ймовірні значення NPV, а по осі Y- ймовірність кожного зі значень), ми можемо зробити наступні висновки:

- ймовірність того, що сукупно за 5 років показник NPV проекту становитиме 5,7 млн. грн. складає 0% (значення NPV що вище за 5,7 не попадає в даний діапазон ймовірностей, що свідчить про ризиковано оптимістичні результати розрахунків за попередніх методик);
- ймовірність того, що сукупно за 5 років показник NPV проекту буде більшим ніж 3,48 млн. грн. складає 5% ;
- ймовірність того, що сукупно за 5 років показник NPV проекту буде в діапазоні від 1,38 до 3,48 млн. грн. складає 90%.

Результати розрахунку показують, що моделювання за методом Монте-Карло дає набагато більш повне уявлення про вплив ризиків на фінансовий результат проекту. При прийнятті рішень, це дозволяє судити не тільки про те, до яких наслідків можуть призвести ризики, але і про те, наскільки ймовірними вони є.

Аналогічно, за допомогою методу Монте-Карло проаналізовано показник окупності проекту (рис. 6, по осі X вказано ймовірні значення терміну окупності проекту, а по осі Y - ймовірність кожного зі значень):

- ймовірність того, що проект окупиться менш, ніж за 2,2 роки складає близько 0,04% (що свідчить про занадто ризиковано оптимістичні результати розрахунків попередніх методик, де термін окупності складав 1,8 та 2,2 роки відповідно);
- ймовірність того, що проект окупиться за 3,8 років, складає близько 95%.

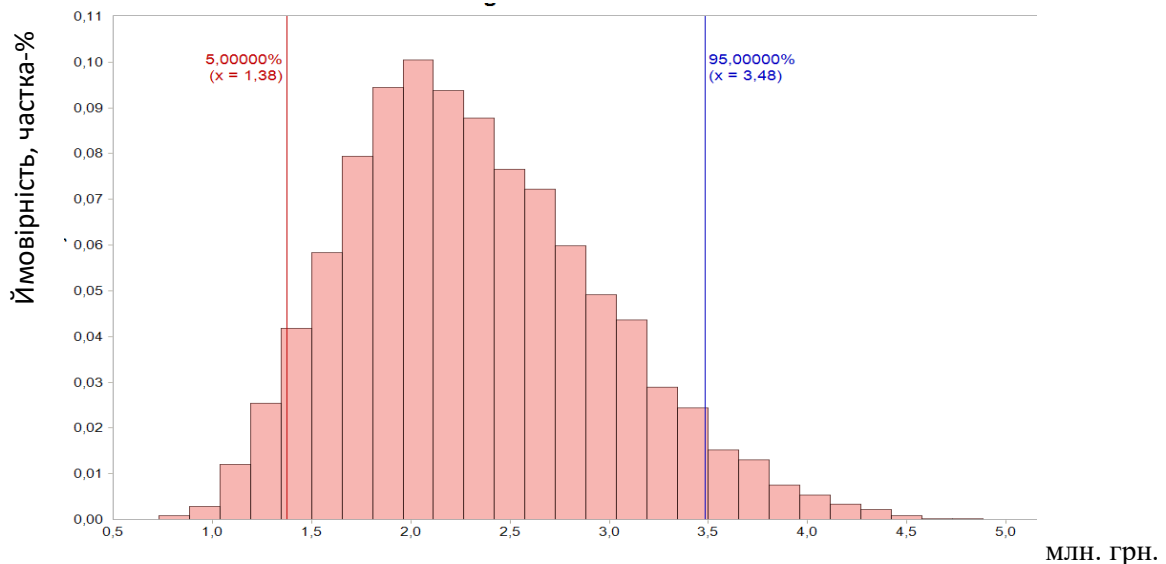


Рисунок 5. Моделювання методом Монте-Карло показника NPV проекту

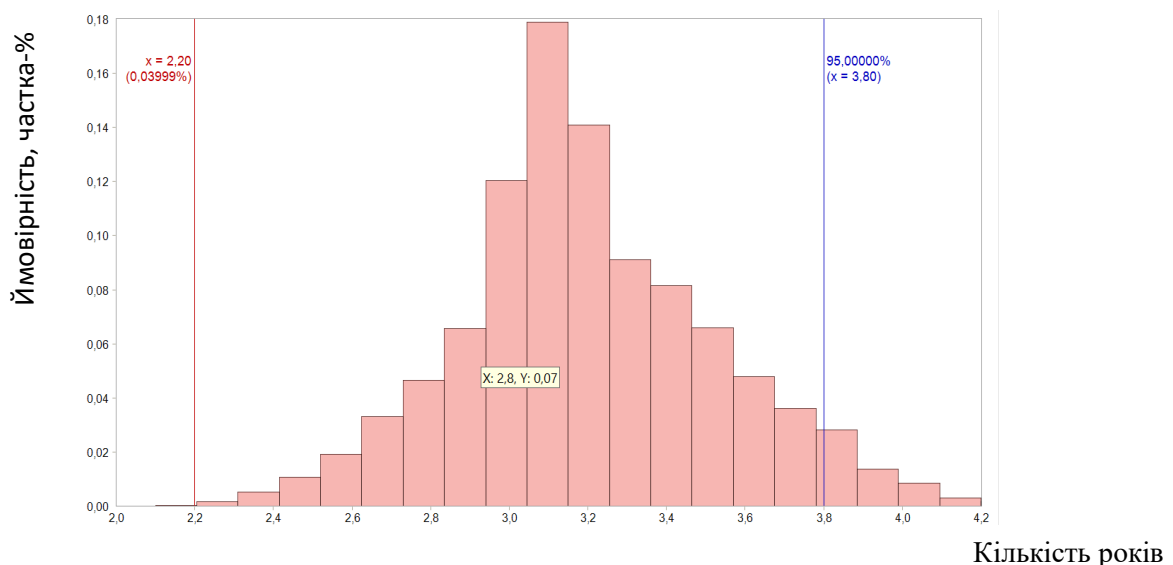
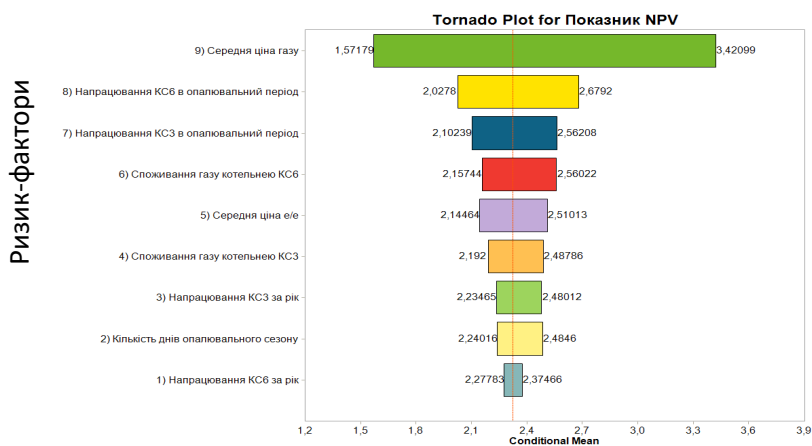


Рисунок 6. Моделювання методом Монте-Карло показника терміну окупності проекту

Одним з результатів при проведенні моделювання по методу Монте-Карло є діаграма Торнадо, що дозволяє визначити, які ризик-фактори мають найбільший вплив на показники ефективності проекту.

Діаграма Торнадо (рис.7, по осі X вказано ймовірні значення NPV проекту, а по осі Y - ризик фактори проекту) показує, що найбільш впливовими ризик-фактори є ціна на газ та напрацювання в опалювальний період КС3 та КС6, а також кількісно оцінити їх вплив на показники ефективності проекту. Наприклад, при визначених ризиках щодо зміни ціни на газ, відхилення показника NPV від базового значення (-0.5 млн. грн.) може бути в діапазоні від -1.492 до 0.415 млн. грн. Це і є діапазон невизначеності показника NPV в залежності від ризиків зміни ціни на газ в період реалізації проекту.



млн. грн.

Рисунок 7. Діаграма Торнадо для показника NPV проекту

В результаті проведеного аналізу щодо застосування різних підходів та методик оцінки ефективності проектів, можемо зробити наступні **висновки**:

1) Обґрунтування ефективності проектів, що базуються на детермінованих розрахунках показників проекту в статичних межах (наприклад, в середньому за рік) – морально застаріла методика, яка звужує погляд, обмежує мислення та призводить до хибних оцінок в процесі прийняття рішень щодо доцільності реалізації проекту.

2) Методика бізнес-планування, яка враховує фактор зміни вартості грошей у часі, дозволяє проаналізувати та оцінити показники ефективності проектів в динаміці (зі зміною у часі). Проте дана методика базується на розрахунках точкових значень та не враховує вплив змінних факторів та ризиків на показники ефективності проекту.

3) Мислення діапазонами дозволяє розглянути проект, через призму ймовірнісного розподілу можливих значень показників ефективності проекту. Метод Монте-Карло дозволяє виконати імітаційне моделювання ризиків та максимально достовірно спрогнозувати майбутню ефективність проекту в залежності від змінних факторів (ризиків).

Застосування методу Монте-Карло дозволяє проаналізувати всі можливі наслідки рішень в ході реалізації проекту і оцінити вплив ризиків на показники ефективності проекту, що забезпечує більш високу ефективність прийняття рішень в умовах невизначеності.

Список використаної літератури

1. Енергоємність валового внутрішнього продукту України: передумови зниження/ І. Мазур // вісник ТНЕУ №1. 2012 С. 64-72.
2. Теліженко О.М., Вакуленко І.А, Мирошніченко Ю.О. Методичні підходи до оцінки соціо-еколого-економічної ефективності інвестиційних проектів з енергозбереження \ \ Энергосбережение Энергетика Энергоаудит №11 (130) 2014 С.40-51.
3. Lee P., Lam P. T. I., Lee W. L. Risks in Energy Performance Contracting (EPC) projects // Energy and Buildings. – 2015. – № 92. – С.116–127
4. Уилл Блис и Мэттью Сэйвидж Доклад о Программе по энергетике, охране окружающей среды и управлению ресурсами EERG PP 2011/01 Финансирование энергоэффективности: Стратегия снижения риска кредитования.
5. Shang T., Zhang K., Liu P., Chen Z., Li X., Wu X. What to allocate and how to allocate?—Benefit allocation in Shared Savings Energy Performance Contracting Projects // Energy. – 2015. – № 91. – С. 60–71.
6. Mathew P., Kromer J. S., Sezgen O., Meyers S. Actuarial pricing of energy efficiency projects: lessons foul and fair // Energy Policy. – 2005. – № 33. – 10. – С. 1319–1328.
7. Відбір тепла із лінії трубопроводів охолоджуючого масла газоперекачуючого агрегату та способи його ефективного використання/ І. В. Рибіцький, В. І. Трофімчук - Вісник КрНУ-6/2019 (119) С. 133-139.
8. Методичні положення визначення економічного ефекту від упровадження нової техніки та оцінювання ефективності капітальних вкладень у транспортування газу, зі змінами та доповненнями від 18.08.2011р.- Київ. ПАТ «Укртрансгаз».

9. Методичні рекомендації „Визначення прибутку від використання об’єктів промислової власності” наказ Держпатенту України від 26 серпня 1998 р. N 80

10. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. С.4.

11. Ціна газу для промисловості URL: <http://www.naftogaz.com>.

12. Ціна електроенергії для промисловості URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15985>

13. Бикова О.Г.. Автореферат. Імітаційне моделювання управління ризиками інвестиційних проектів. Москва 2003. URL <http://economy-lib.com/disser/89962/a#?page=19>.

УДК 691.263

Трофимчук В.И., начальник отдела энергоэффективности, ORCID 0000-0002-2102-4605
ООО «Оператор ГТС Украины»

Савельев В.Г., менеджер по стратегии, магистр компьютерных систем
Групп "1+1 медиа"

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Рассмотрены три методики для расчета экономического эффекта на примере внедрения инвестиционного проекта по отбору тепла из линии автоматического воздушного охлаждения масла при работе компрессорной станции по транспортировке природного газа. Для возможности принятия решения об эффективности инвестиций по проекту, проанализированы факторы, которые повлияют на экономический эффект при реализации проекта. Представлено действующую в газотранспортной системе методику по расчету экономического эффекта. Данная методика является статической относительно оценки движения денежных средств и не учитывает, что стоимость денег с течением времени изменяется. Эффективность инвестиционного проекта рассчитано по другой методике, согласно международным стандартам бизнес-планирования, которая определяет основные показатели экономической эффективности инвестиционных проектов. Недостатками приведенных методик является то, что они не учитывают факторов (рисков), которые могут возникнуть во время эксплуатации проекта энергоэффективности и будут влиять на его эффективность. Для оценки рисков и возможности анализа их влияния на показатели эффективности инвестиционного проекта было выбрано метод имитационного моделирования Монте-Карло. Определены основные риски, которые могут влиять на показатели экономической эффективности инвестиционного проекта. Применение метода Монте-Карло позволило проанализировать все возможные последствия решений в ходе реализации проекта и оценить влияние рисков на показатели эффективности проекта, обеспечило более высокую эффективность принятия решений в условиях неопределенности. Построена диаграмма Торнадо, которая показала, что наиболее влиятельными риск-факторами являются цена на газ и наработка в отопительный период. Диаграмма Торнадо дала возможность количественно оценить влияние риск-факторов на показатели эффективности проекта.

Ключевые слова: экономический эффект; энергоэффективность; метод Монте-Карло; риск; инвестиционный проект; газотранспортная система.

V. Trofimchuk, head of the energy efficiency department, ORCID 0000-0002-2102-4605
Gas Transmission System Operator of Ukraine

V. Saveliev, strategy manager, Master of Computerized Systems
1 + 1 Media Groups

ANALYSIS OF ASSESSING METHODS FOR THE ECONOMIC EFFECT OF ENERGY EFFICIENCY PROJECTS IMPLEMENTATION

Three methods for calculating the economic effect are considered on the example of the implementation of an investment project for the selection of heat from an automatic aircooling line for oil during the operation of a

compressor station for the transportation of natural gas. In order to make a decision on the effectiveness of investments under the project, factors that will affect the economic effect during the implementation of the project are analyzed. A methodology for calculating the economic effect in the gas transmission system is presented. This technique is static with respect to the assessment of cash flows and does not take into account that the value of money changes over time. The effectiveness of the investment project is calculated according to a different method, in accordance with international standards of business planning, which determines the main indicators of the economic efficiency of investment projects. The disadvantages of the above methods are that they do not take into account factors (risks) that may arise during the operation of the energy efficiency project and will affect its effectiveness. To assess the risks and the possibility of analyzing their impact on the performance indicators of the investment project, the Monte Carlo simulation method was chosen. The main risks that may affect the indicators of economic efficiency of the investment project are identified. The application of the Monte Carlo method made it possible to analyze all the possible consequences of decisions during the implementation of the project and evaluate the impact of risks on project performance indicators, and provided higher decision-making efficiency in the face of uncertainty. A tornado chart was built, which showed that the most influential risk factors are gas prices and running hours in the heating period. The Tornado chart made it possible to quantify the impact of risk factors on project performance indicators.

Keywords: *economic effect; energy efficiency; Monte Carlo method; risk; investment project; gas transmission system.*

REFERENCES

1. Enerhoiemnist valovoho vnutrishnoho produktu Ukrainy: peredumovy znyzhennia/ I. Mazur // visnyk TNEU №1. 2012 S. 64-72.
2. Telizhenko O.M., Vakulenko I.A, Myroshnychenko Yu.O. Metodychni pidkhody do otsinky sotsio-ekoloho-ekonomichnoi efektyvnosti investytsiinykh proektiv z enerhozberezhennia \ \ Enerhosberezhnye Enerhetyka Enerhoaudyt №11 (130) 2014 S.40-51.
3. Lee P., Lam P. T. I., Lee W. L. Risks in Energy Performance Contracting (EPC) projects // Energy and Buildings. – 2015. – № 92. – C.116–127
4. Uyll Blys y Mættiu Sæivydzh Doklad o Prohramme po ænerhetyke, okhrane okruzhaiushchei sredy y upravleniyu resursamy EERG PP 2011/01 Fynansyrovanye ænerhoæffektyvnosty: Stratehiya snyzhenyia ryska kredytovanyia.
5. Shang T., Zhang K., Liu P., Chen Z., Li X., Wu X. What to allocate and how to allocate?—Benefit allocation in Shared Savings Energy Performance Contracting Projects // Energy. – 2015. – № 91. – C. 60–71.
6. Mathew P., Kromer J. S., Sezgen O., Meyers S. Actuarial pricing of energy efficiency projects: lessons foul and fair // Energy Policy. – 2005. – № 33. – 10. – C. 1319–1328.
7. Vidbir tepla iz linii truboprovodiv okholodzhuiuchoho masla hazoperekachuiuchoho ahrehatu ta sposoby yoho efektyvnoho vykorystannia/ I. V. Rybitskyi, V. I. Trofimchuk - Visnyk KrNU-6/2019 (119) S. 133-139.
8. Metodychni polozhennia vyznachennia ekonomichnoho efektu vid uprovdzhennia novoi tekhniky ta otsiniuvannia efektyvnosti kapitalnykh vkladen u transportuvannia hazu, zi zminamy ta dopovnenniamy vid 18.08.2011r.- Kyiv. PAT «Ukrtranshaz».
9. Metodychni rekomendatsii „Vyznachennia prybutku vid vykorystannia obiektiv promyslovoi vlasnosti” nakaz Derzhpatentu Ukrainy vid 26 serpnia 1998 r. N 80
10. DSTU 2155-93. Enerhozberezhennia. Metody vyznachennia ekonomichnoi efektyvnosti zakhodiv po enerhozberezhenniu.S.4.
11. Tsina hazu dlia promyslovosti URL: <http://www.naftogaz.com>.
12. Tsina elektroenerhii dlia promyslovosti URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15985>
13. Bykova O.H.. Avtoreferat. Imitatsiine modeliuvannia upravlinnia ryzykamy investytsiinykh proektiv. Moskva 2003. URL <http://economy-lib.com/disser/89962/a/#?page=19>.

Надійшла 27.06.2020
Received 27.06.2020