

## ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ І ПЕРІОДУ ОКУПНОСТІ ДОВГОСТРОКОВИХ ІНВЕСТИЦІЙ В БУДІВНИЦТВО НОВОЇ ЛІНІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ

*О.Р. Гавриш, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»,  
Україна*

**Вступ.** Оцінка очікуваної економічної ефективності і періоду окупності довгострокових інвестицій в будівництво нової лінії метрополітену. Для чисельної оцінки економічної ефективності інвестиційного проекту (ІП) і періоду його окупності скористаємося широко застосовується моделлю чистого наведеного доходу (ЧНД), інтегрального дисконтованого ефекту, чистої поточної вартості або net present value (NPV) (Віленський і ін., 2002; Ример та ін., 2008). Основне завдання такого моделювання – перетворення розподілених у часі витрат і доходів у відповідні грошові негативні і позитивні потоки еквівалентні в вартісних вимірах з метою обчислення показників ефективності реального ВВП. При визначенні ЧНД грошові потоки дисконтуються до фіксованого моменту приведення – початку здійснення ВВП. Такий модельний підхід відноситься до динамічних методів і ЧДД, обчислюється за формулою (1), є функція часу.

$$NPV(t) = \sum_{t=T_{cm}}^{T_{зкс}} \frac{P_t + A_t}{(1 + E_t)^t} - \sum_{t=0}^{T_{cm}} \frac{K_t}{(1 + E_t)^t} \geq 0 \quad (1)$$

де,  $P_t$  – чистий грошовий потік,  $A_t$  – амортизаційні відрахування,  $K_t$  – обсяг початкових інвестицій,  $E_t$  – норма дисконту в році  $t$ .

Дана модель передбачає, що економіка знаходиться в не кризовій фазі, інвестування проекту здійснюється не запозиченими, а власними коштами, ліквідаційна вартість проекту дорівнює нулю. Позитивність ЧНД в певний момент часу відбиває окупність ІП з прибутковістю вище норми дисконту. За інших рівних умов більш кращий ІП з меншим періодом окупності оскільки при цьому збільшується рухливість капіталу і знижуються всілякі ризики.

**Постановка задачі.** Враховуючи високу ресурсомісткість і тривалість реалізації ІП розвитку метрополітену шляхом будівництва нової ЛМ, а також важливу соціальну, екологічну та градоутворювальну функції МП, у всьому світі будівництво нових станцій фінансується з державного бюджету. У зв'язку з цим, як правило, не стоїть завдання вилучення комерційного прибутку з ВВП. Звідси реальну норму доходу та інвестиційний ризик можна прийняти рівним нулю, а ставку дисконтування  $E$  прирівняти прогнозованого темпу інфляції  $I$ . При такій постановці питання, в якості показника ефективності інвестицій, на перший план виходить мінімальний термін окупності проекту. Таким чином, реалізується відомий в економіці принцип перевагу більш ранніх результатів і більш пізніх витрат (time value of money). На практиці тільки метрополітени найбільших світових мегаполісів з мільярдними річними асажирами потоками і розвиненою підземною інфраструктурою є прибутковими, тому самоокупність МП середнього нестоличних міст є хорошим показником.

Величина амортизаційних відрахувань характеризує позитивний потік грошових коштів необхідний для безперебійного функціонування процесу відтворення основних виробничих фондів МП. У даній роботі амортизація обчислюється кумулятивним методом суми чисел, де розміри амортизації поточного року пропорційні залишився періоду експлуатації, за умови, що середній термін служби  $T_{екс} = 40$  років. Ця величина обрана виходячи з того, що нормативний термін служби метро поїздів становить 35 років, період експлуатації іншого обладнання метрополітену, ймовірно, має близьке значення. Можна очікувати, що помилка, пов'язана з похибками оцінки відшкодування початкових інвестицій в постійні активи, буде мінімальна.

Чистий грошовий потік періоду  $t$  визначається як алгебраїчна сума позитивних і негативних потоків види:

$$P_t = ГПП_t \times Ц_t \times (1 + ДД - СР_t) \quad (2)$$

де,  $GIIIIt$  - прогнозний річний пасажиро потік,  $Ct$  - вартість однієї поїздки,  $ДД$  - для додаткових доходів (реклама, оренда та інша комерційна діяльність),  $СРТ$  - частка сукупних витрат (негативний грошовий потік). Взагалі, всі змінні входять в формулу (2) залежні від часу, причому функція  $f(t)$  не завжди лінійна. Підставивши (2) в (1) не знаючи аналітичний вид тимчасових залежностей параметрів, не вдається знайти рішення в символічному вигляді. Далі  $NPV(t)$  обчислюється універсальним чисельним методом за допомогою створеної програми з ітераційним алгоритмом, де функції  $f(t)$  змінних моделі представлені в табличному вигляді. Такий підхід має більшу динамічність і гнучкість у виборі тенденцій мінливості параметрів у часі, що дозволяє розраховувати найрізноманітніші сценарії економічних умов реалізації ІІІ.

На яких високоточних прогнозах і оцінках висококласних експертів не ґрунтувався б ІІІ, рішення про фінансування все одно приймається в умовах невизначеності. Однак ступінь невизначеності прогнозних оцінок різних показників та їх динаміки різна. В даному випадку, такі показники як вартість проїзду, норма дисконту і частка додаткового доходу більш передбачувані, а пасажиро потік за рік і частка сукупних витрат менш визначені.

**Основний матеріал и результати.** Розглянемо детальніше кожен з названих характеристик в контексті розробки трьох ймовірних сценаріїв реалізації ІІІ: консервативному (КС), песимістичному (ПС) і оптимістичному (ОС). Різні варіанти ІІІ ґрунтуються на пасажиропотоках різного рівня (табл. 4) т. к. незважаючи на отримані результати імітаційного моделювання, і показники роботи підприємств-аналогів прогноз цієї величини залишається ризиковим, що залежать від великої кількості важко враховуються факторів. Для ПС планується поступовий спад пасажиропотоку на користь конкуруючих видів транспорту, ОС передбачає вдвічі швидке зростання пасажиропотоку характерний успішним метрополітенам і КС дозволяє розраховувати на стабільний в часі показник.

Другим проблемним параметром є оцінка величини негативно грошового потоку ІІІ нової ЛМ. Оскільки проект спрямований на розширення транспортного виробництва в специфічних підземних умовах, то точно оцінити частину витрат за все метрополітену, яка припадає на конкретну лінію, при невідомому майбутньому пасажиропотоку важко навіть досвідчені експерти. У теж час, принципово можна на основі моделі шляхом варіювання показників у відносних одиницях прийти до висновку про прибутковість ВП. Використовуючи показник сукупних витрат, який оцінюється в частках прибутку від основного виду діяльності від 10% до 70%, і нечіткі оцінки експертів у лінгвістичних змінних можна точніше провести оцінку можливих витрат на основі методів нечіткої логіки. Такий підхід не позбавлений сенсу оскільки при зростанні доходу від перевезення пасажирів по ЛМ буде збільшуватися і абсолютна величина сукупних витрат, вірна і зворотна залежність. Крім того в моделі закладена нелінійна тенденція зростання витрат (до 5%) з плином часу, пов'язана з неминучим почастишанням дрібних поточних ремонтів та обслуговування обладнання не покриваються амортизацією, збільшенням вартості енергоносіїв, заробітної плати і т. д.

Аналогічний часткової прийом використовується для передбачуваної оцінки додаткового доходу, відсоток якої залишається постійним у часі, але змінюється його абсолютна величина. Причому, для ОС цей показник штучно завищений, а для ПС - мінімальний з зустрічалися у фактичних фінансових звітах метрополітенів.

Таблиця 1

Передбачувані початкові значення  $X_0$  динамічних параметрів  $NPV$  моделі і їх зміна  $\Delta X$  за число  $k$  кроків  $t$  при різних варіантах ВП.

Сценарій	песимістичний			консервативний			оптимістичний		
	$X_0$	$\Delta X$	$kt$	$X_0$	$\Delta X$	$kt$	$X_0$	$\Delta X$	$kt$
Е, %	12	0,1	1	9	0	0	6	-0,1	2
Ц, грн.	2	1	1	2	0,5	2	2	0	0
ГПП, млн. пас.	20	-0,1	1	40	0	0	60	0,2	1
ДД, %	5	0	0	10	0	0	15	0	0
СР, %	$X_0 = 10 - 70; \Delta X = 1 - 5; kt = 1$								

У всіх сценаріях в якості базової вартості проїзду використовується нинішня ціна однієї поїздки в Дніпропетровському метрополітені - 2 грн. Вартість проїзду в МП не залишається постійною протягом тривалого часу, вона володіє стійкою тенденцією до зростання обумовлену, крім інфляційних процесів, постійним збільшенням вартості електроенергії та інших витрат. Випереджаюче зростання цін на вуглеводневі енергоносії тягне за собою стійку тенденцію подорожчання вартості проїзду в автотранспорті, що дає конкурентні переваги МП і дозволяє періодично підвищувати ціну поїздки без небезпеки втрати частини потенційного пасажиропотоку. У той же час, необхідно враховувати, що рішення про зміну ціни за проїзд у громадському муніципальному транспорті приймається місцевими органами влади часто з політичних міркувань і ціна не завжди відповідає собівартості. Ця склалася практика враховується в моделі шляхом введення прогнозного зміни вартості проїзду в певні моменти часу з заданим темпом зростання. Для ОС передбачена незмінна вартість проїзду за період реалізації ІІ, при КС передбачається невеликий поступове зростання цін, ПС передбачає значне (на 1 грн.) Щорічне збільшення вартості проїзду.

Прогнозована багаторічна динаміка ставки дисконтування: ОС - зниження, КС - стабільність, ПС - зростання.

Модельні експерименти показали, що очікувана економічна ефективність ІІ залежить головним чином від зміни пасажиропотоку ЛМ, вартості проїзду та частки сукупних витрат. Варіювання норми дисконту і частки додаткових доходів в розумно прогнозованих межах має підлегле значення. Застосування різних способів розрахунку амортизації так само слабо впливає на тенденцію залежності ЧНД від часу і період окупності ВП.

Нижче наведено (рис. 25-27) результати обчислень NPV моделі у вигляді сімейства кривих NPV (t) для трьох можливих сценаріїв розвитку ВП. Зазначене початок суцільних ліній на графіках відповідає періоду окупності проекту. Чим менше частка сукупних витрат, тим швидше може наступити момент повернення вкладених коштів. Однак при найсприятливіших прогнозах при використувані економічних показниках період окупності не може бути менше 16 років.

Враховуючи, що варіант з 10% часткою сукупних витрат використовується в моделі становить інтерес лише з теоретичної точки зору, то ПС можна вважати повністю збитковим. Цей сценарій ІІ приречений на нестримне зростання вартості проїзду або на постійні дотації з держбюджету. З іншого боку ОС у всіх варіантах економічно ефективний, навіть без збільшення ціни проїзду. Такий результат можливий завдяки збільшенню пасажиропотоку та зниження норми дисконту, які компенсують зростання витрат. Нелінійний зростання NPV функції без насичення по сигмоїдального типу в тимчасовому діапазоні 15 - 40 років якась ідеалізація, але вона не заважає давати оцінку терміну покриття витрат на інвестиції. Здійснення КС найбільш ймовірно, але варіанти з 60% і 70% витрат економічно неефективні тому що не досягають окупності за 40 річний період експлуатації ЛМ.

*Оцінка ризику інвестиційного проекту.* До ризику будемо відносити можливість виникнення негативних наслідків при реалізації ІІ, тобто відсутність його економічної ефективності в запланований проміжок часу. В ІІ нової лінії метрополітену ризик носить як системний (мінливість норми дисконту) так і несистемний (мінливість чистого грошового потоку, непропорційне зростання вартості будівельно-монтажних робіт, матеріалів чи обладнання, можливість непередбачених збоїв будівництва та ін) варіаційний характер. Деякі фактори невідзначеності формують ризик враховані в трьох сценаріях реалізації ІІ.

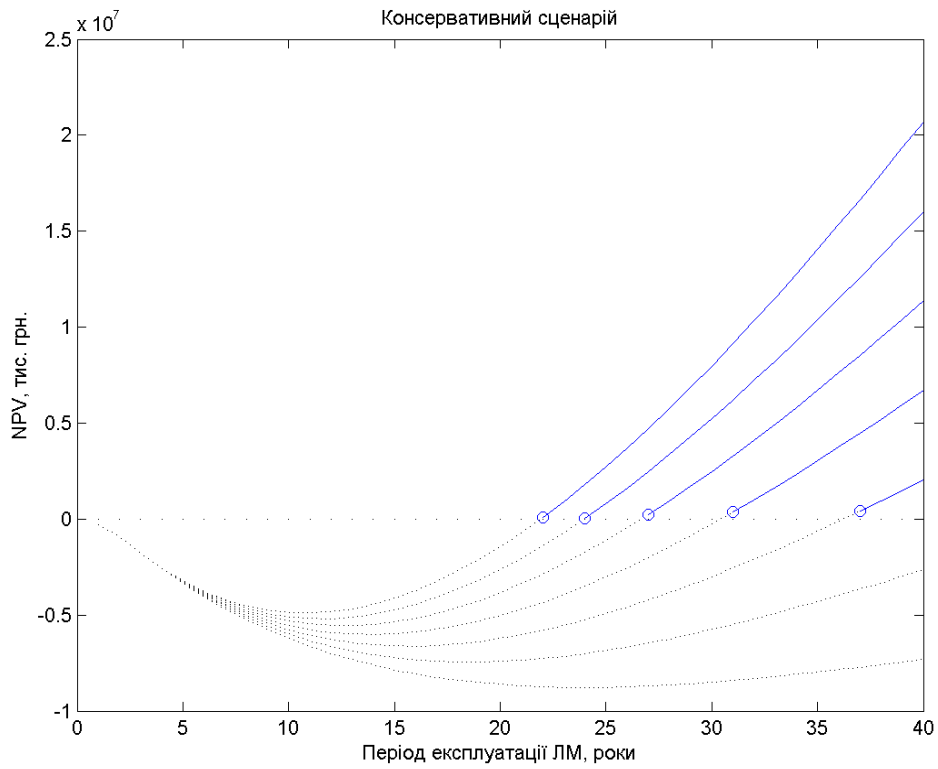


Рис. 1 Оцінка очікуваної економічної ефективності ІІ ЛМ найбільш ймовірного сценарію розвитку.

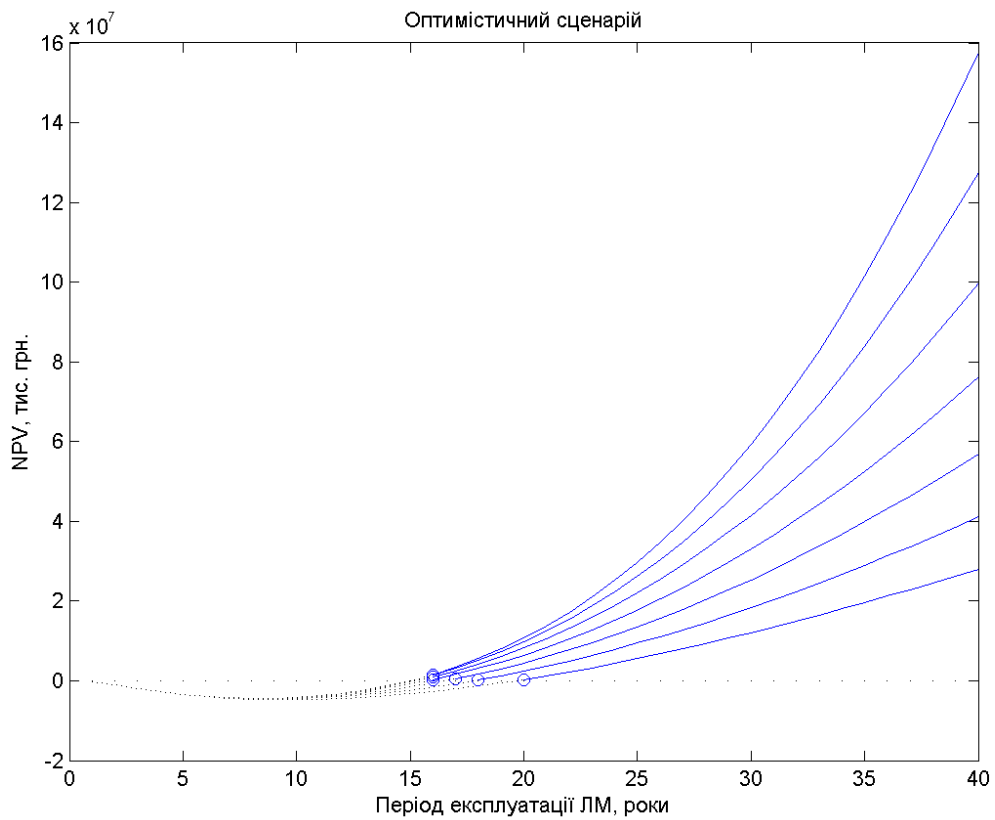


Рис. 2 Оцінка очікуваної економічної ефективності ІІ ЛМ оптимістичного сценарію розвитку.

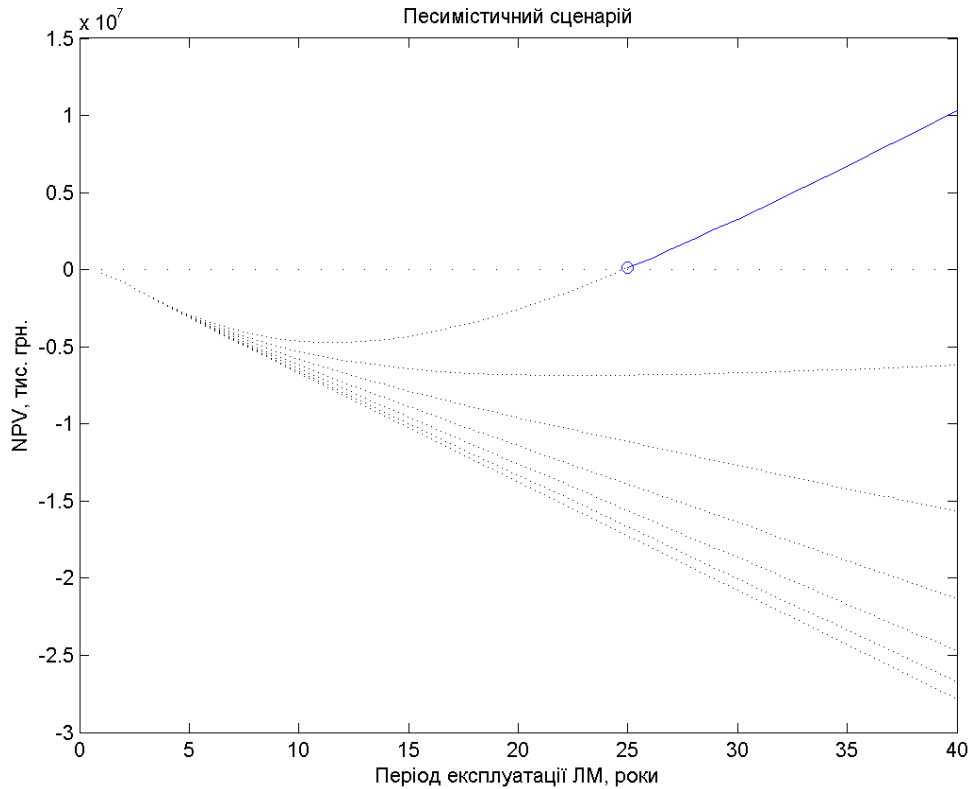


Рис. 3 Оцінка очікуваної економічної ефективності ІІ ЛМ песимістичного сценарію розвитку.

Для кількісної оцінки ступеня ризику застосуємо теорію нечітких множин. Уявімо ЧДД нечітким трикутним числом довільного виду  $NPV(t) = (NPV_{min}(t), NPV_{exp}(t), NPV_{max}(t))$ . Ризик того, що ІІ не окупиться за  $t$  років визначається за співвідношенням (3-5) (Недосекиной, 2002).

$$Risk = \begin{cases} 0, NPV_{min} > 0 \\ R \times \left( 1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \ln(1-\alpha) \right), NPV_{min} \leq 0 < NPV_{exp} \\ 1 - (1-R) \times \left( 1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \ln(1-\alpha) \right), NPV_{exp} \leq 0 < NPV_{max} \\ 1, NPV_{max} \leq 0 \end{cases}, \quad (3)$$

$$\text{Де } R = \begin{cases} \frac{-NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}}, NPV_{max} > 0 \\ 1, NPV_{max} \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\alpha = \begin{cases} 0, NPV_{min} > 0 \\ \frac{-NPV_{min}}{NPV_{exp} - NPV_{min}}, NPV_{min} \leq 0 < NPV_{exp} \\ 1, NPV_{exp} = 0 \\ \frac{NPV_{max}}{NPV_{max} - NPV_{exp}}, NPV_{exp} < 0 < NPV_{max} \\ 0, NPV_{max} \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

Ступінь ризику  $Risk(t)$  приймає значення від 0 до 1. У нашому випадку  $NPV_{min}$  - ЧДД ПС,  $NPV_{exp}$  - ЧДД КС,  $NPV_{max}$  - ЧДД ОС. Логіку оцінки ризику розглядаються методом можна зрозуміти спостерігаючи за трикутними функціями приналежності  $\mu(NPV)$  (рис. 18). Видно, що проект тим більш ризиковий, ніж велика частина площі трикутника лежить в області  $NPV < 0$ .

Функції ризику від часу для різнозатратних варіантів сценаріїв має виражений максимум (рис. 19), який віддаляється у часі при збільшенні частки сукупних витрат. Рівень ризику досягає максимуму в точці періоду окупності КС ІІ, далі різко падає, асимптотично наближаючись до нуля в довгостроковій перспективі. Період експлуатації до 16 років розглядати не має сенсу тому що всі значення ЧДД негативні. Якщо взяти 10% ризику за умовно прийнятний рівень, а 20% за гранично допустимий, то за графіками легко визначити відповідні періоди окупності.

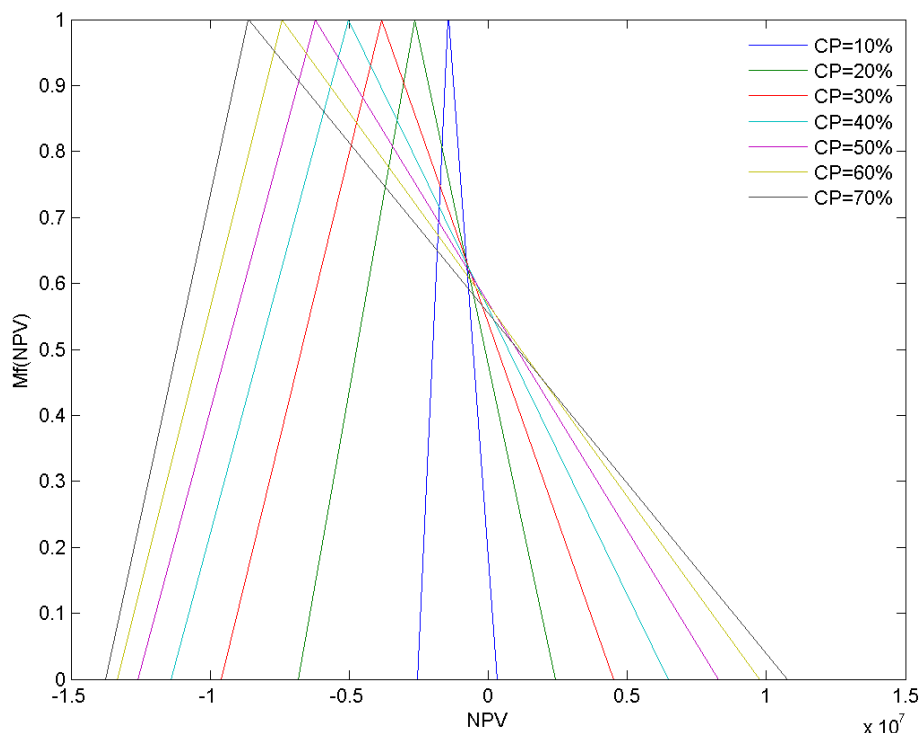


Рис. 4 Трикутні функції приналежності ЧДД ІІ після 20 років експлуатації ЛМ.

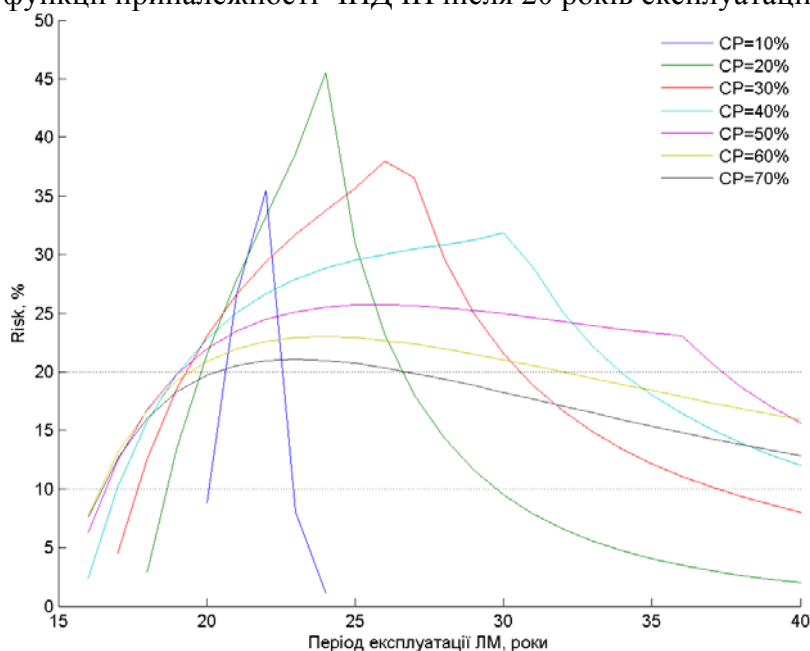


Рис. 5 Зміна ризику неефективності ІІ в часі при різних витратних частках сукупних витрат.

**Висновки.** На закінчення відзначимо, що неефективний інвестиційний проект - не завжди збитковий, тому що негативна чиста поточна вартість має на увазі, що вкладати гроші в даний проект менш вигідно, ніж в альтернативний з прибутковістю, що відповідає мінімальній неприбутковій ставкою дисконту. Часто при здійсненні проекту вступають в силу не враховані в моделі чинники або вплив заданих параметрів значно сильніше, ніж задано в моделі, що призводить до зміни показників ефективності. Крім того, при реалізації проектів розвитку метрополітену необхідно враховувати соціальну, природоохоронну і містобудівну роль застосовуючи відповідні моделі, які можуть дати прогностичні оцінки суперечливі економічним розрахункам. Представлені результати моделювання дають тільки наближену оцінку прогнозу економічних показників.

#### Список використаної літератури

1. Закон України "Про інвестиційну діяльність". ВВР України. — 1991. — №47.
2. Бланк И. А. Инвестиционный менеджмент. — К.; 1995.
- 3 Волков И. М., Грачева М. В. Проектный анализ: Учеб. для вузов. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2008
4. Щукін Б. М. Аналіз інвестиційних проектів. — К.: МАУП, 2002
5. Умнов В. А. Экономическая оценка и рациональное использование ресурсов подземного пространства / В. А. Умнов. – М.: МГГУ, 1999. – 204 с.
6. Харченко А. В. Использование подземного пространства большого города для размещения транспортной инфраструктуры / А. В. Харченко. – М.: МГГУ, 2005. -208 с.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТЯЖЕННОЙ ВЫРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ**

*А.Н. Шашенко, Е.А. Шашенко, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», Украина*

На основе задачи о выбросах случайной функции за заданный уровень выполнена оценка объемов ремонтных работ в протяженной горной выработке. Определены требования к крепи, при которой обеспечивается безремонтное (с вероятностью 0,95) содержание выработки.

Протяженные выработки угольных шахт (капитальные и подготовительные) сооружаются и эксплуатируются в крайне неоднородной по составу и структуре среде. Это приводит к тому, чтобы принятые проектные решения впоследствии подвергаются существенной коррекции, а их экономическая оценка, как правило, оказывается заниженной. Всё это негативно отражается на уровне добычи полезного ископаемого (угля) и его рентабельности. В этой связи представляют интерес исследования протяженных выработок, как вероятностно-статистических объектов [1].

С точки зрения инженерного сооружения протяженная выработка представляет собой длинную полость в породном массиве, подкрепленную изнутри особой конструкцией – крепью, которая для подготовительных выработок в 90% случаев представляет собой металлическую арку. Эта конструкция обладает определенной несущей способностью -  $q_n$ , которая в силу ряда причин не является величиной постоянной, и для каждой рамы имеет своё случайное значение. Со стороны породного массива на крепь действует нагрузка  $q$ , величина которой зависит от многих факторов (прочность пород, их структура, обводненность и тп.) и яв-