

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 69:004.358:330.322.2

А. В. РАДКЕВИЧ<sup>1\*</sup>, І. А. АРУТЮНЯН<sup>2</sup>, Н. О. ДАНКЕВИЧ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 85, ел. пошта anatoij.radkevich@gmail.com, ORCID 0000-0003-4059-2357

<sup>2</sup> Кафедра «Промислове та цивільне будівництво», Запорізька державна інженерна академія, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (061) 227 12 38, ел. пошта iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

<sup>3</sup> Кафедра «Промислове та цивільне будівництво», Запорізька державна інженерна академія, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (061) 227 12 38, ел. пошта iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ ПРИ ОБГРУНТУВАННІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ

**Мета.** В статті поставлено за мету проаналізувати методи і моделі, що обґрунтовують організаційно-технологічні рішення будівництва об'єктів, зокрема, мостів і транспортних тунелів. **Методика.** Нормативна документація, яка використовується в даний час, має цілий ряд недоліків, обумовлених недосконалістю інформації, вільністю форми представлення даних, до того ж практично не враховує вимог автоматизації. В сучасних умовах будівництва об'єктів на оптимальність організаційно-технологічних рішень впливають різні фактори, частина яких є причинами виникнення ризику, а друга виникає в якості заходів, які знижують вплив ризику. Ці обставини зумовлюють необхідність розробки ефективної системи яка мінімізує їх вплив на вибір оптимального варіанту організаційно-технологічних рішень. Це дозволяє мінімізувати строки і вартість будівництва при заданій якості будівельно-монтажних робіт з урахуванням вибраних методів організації і технології виробництва будівельно-монтажних робіт. **Результати.** Створено сучасну імітаційну модель на основі системотехнічних принципів, яка дозволить створити оптимальні умови розв'язання складних питань надійності організаційно-технологічних рішень при будівництві об'єктів, зокрема, мостів і транспортних тунелів. **Наукова новизна.** Доведено, що в умовах ринкових відносин оптимальність організаційно-технологічних рішень може бути досягнута лише при врахуванні ризиків, що виникають у зв'язку зі змінами в організаційно-технологічному середовищі функціонування проектних і будівельних організацій та інших учасників інвестиційно-будівельної діяльності. **Практична значимість.** Розроблено метод імітаційного моделювання, який створює додаткову можливість при оцінці ризику за рахунок того, що робить можливим появу випадкових сценаріїв.

*Ключові слова:* організаційно-технологічні рішення; імітаційна модель; системотехніка; ризики

#### Вступ

Будівельний процес починається з підготовки до будівництва, включає етапи виконання комплексів технологічно закінчених робіт при будівництві будівель і споруд, процеси забезпечення фінансами, матеріальними ресурсами, технологічним обладнанням, транспортом та будівельними машинами, забезпечення якості будівельної продукції з урахуванням вимог екології, пожежної безпеки тощо.

Цей процес передбачає управління, завдання якого – при мінімальних затратах ресурсів досягти високих техніко-економічних результатів. При цьому особливе значення має планування організаційно-технологічних заходів, що визначають порядок фінансування та забезпечення

будівництва матеріальними і трудовими ресурсами, розробка відповідних проектних завдань та документації, що визначає організаційно-технічні умови діяльності всіх підрозділів будівельної організації – умови, які необхідні для раціонального використання матеріально-технічних, фінансових і трудових ресурсів і своєчасного завершення будівельних робіт.

Одним з основних документів організаційно-технологічної документації – проект організації будівництва, який, як правило, являє собою окремий розділ проектно-документації, що обґрунтовує затверджений варіант розподілу капіталовкладень, загальну тривалість будівництва об'єкта, найбільш ефективні методи виконання будівельно-монтажних робіт, вста-

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

новлює порядок і строки виконання запланованих обсягів та введення об'єкта в експлуатацію.

### Мета

Нормативна документація, яка використовується в даний час, має цілий ряд недоліків, обумовлених недосконалістю інформації, вільністю форми представлення даних, до того ж практично не враховує вимог автоматизації. Все це відображається на якості організаційно-технологічної документації – на ступінь її відповідності проектним завданням, технічним умовам, нормам, стандартам, інструкціям. Вивчення оточення будівельних проектів має велике значення для налагодження ефективних комунікацій в регіонах здійснення проектів і в ухваленні рішень з урахуванням дії дестабілізуючих чинників, що впливають на процес реалізації проектів.

### Методика

Існуючі численні показники прогресивності, такі як технологічність, збірність, індустріальність і так далі, характеризують лише окремі підсистеми об'єкту, тоді як взаємозв'язки усіх підсистем визначають загальну ефективність об'єкта як системи в цілому.

У результаті техніко-економічних оцінок рішення, прийнятні технічно і економічно для однієї підсистеми, виявляються неефективними для іншої підсистеми або системи в цілому [1-4].

Серед існуючих методів оцінки реалізації будівельного проекту інтерес представляє оцінка за критеріями. В процесі функціонування систем з'являється потреба вибирати з безлічі варіантів ефективніші, такі, що призводять до оптимального рішення, тому виникає необхідність розробки методів оцінки за критерієм оптимальності (рис. 1).

Аналіз наукової літератури [1-14] дозволяє зробити висновок і про те, що низька якість організаційно-технологічної документації обумовлена не тільки недоліками нормативних документів, але і відсутністю комплексних моделей обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень при розробці проектів організації будівництва та виробництва робіт. В результаті в проектах не визначаються взаємозв'язки між технологічними комплексами

робіт і не приймаються до уваги: можливість впливати на об'ємно-планувальні і конструктивні рішення в проектно-кошторисній документації; стохастичний характер будівельного процесу; необхідність відповідності структури агрегованих робіт реальній структурі спеціалізованих потоків, розрахунок потужностей підрядної організації; ступінь відповідності плану будівельно-монтажних робіт і потужності будівельних організацій та підприємств будівництва і т. п.

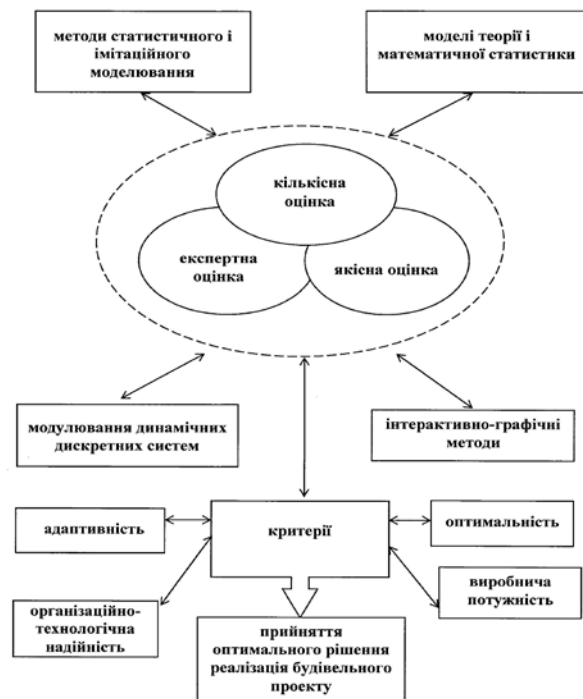


Рис. 1. Методи оцінки прийняття оптимальних рішень за критеріями

Відсутність комплексних моделей обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень дозволяє забезпечити динамічну ув'язку проектних рішень з планами, графіками, що відображають хід будівництва, спадкоємність організаційно-технологічних рішень проекту організації будівництва і типових технологічних карт [5-8].

### Результати

В науковій і технічній літературі більшість робіт за останні роки присвячено методам оптимізації організаційно-технологічних рішень при розробці календарних планів і графіків у складі проектів.

Обґрунтування організаційно-технологічних рішень проводиться, в основному, з використанням методів сітьового планування і управління в поєднанні з евристичними алгоритмами: направленою перебору варіантів за заданими критеріями, а також методів лінійного програмування (симплекс-методу, методу потенціалів, угорського методу, методу «північно-західного кута»). Однак їх використання не дозволяє враховувати багатьох факторів при обґрунтуванні організаційно-технологічних рішень, особливо ступінь ризиків при оптимальних організаційно-технологічних рішеннях, із-за невизначеностей, які виникають в умовах ринку.

За останні десятиліття виконано ряд наукових досліджень, в яких розроблені рекомендації щодо застосування комплексних методів, які дозволяють врахувати сучасні вимоги до моделей і методів. У них намічені шляхи врахування

ризиків при обґрунтуванні і виборі організаційно-технологічних рішень, що дозволяють врахувати фактори, що викликають появу ризиків, і вплив різних заходів на ступінь їх зниження. А так само досліджено проблеми, пов'язані з впливом різних видів ризиків (економічних, фінансових, технологічних, комерційних та інших) на стан систем і обґрунтування рішень.

Аналіз цих праць підтверджує висновок про те, що без урахування ризику неможливо отримати раціональні організаційно-технологічні рішення.

Узагальнена оцінка необхідної відповідності цих моделей і методів обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень вимогам обліку ризику і іншим вимогам пропонується в табл. 1 (у якій прийняті такі позначення: НВ – не відповідає вимогам; ЧВ – частково відповідає вимогам; ПВ – повністю відповідає вимогам).

Таблиця 1

**Аналіз і оцінки відповідності існуючих методів і моделей вимогам обґрунтування та вибору організаційно-технологічних рішень**

№ з/п	Вимоги	Оцінка відповідності сучасних вимог при розробці				
		бізнес-планів	тендерної документації	ПОБ	ПВР	управління документації
Загальні вимоги						
1	Оптимізація розподілу однорідних ресурсів по горизонталі та вертикалі	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ПВ
2	Облік багатоваріантності та вибір оптимального варіанту по розподілу одного або декілька видів обмежених та необмежених ресурсів	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ПВ
3	Ув'язка всіх видів ресурсів та робіт в часі та просторі на кожному об'єкті або комплексі об'єктів	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ПВ	ПВ
4	Досягнення мінімального строку будівництва	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ПВ
5	Досягнення мінімізації витрат використання ресурсів при зведенні об'єктів будівництва	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ПВ
6	Можливість використання реальних норм з врахуванням умов будівництва та кваліфікаційного складу будівельників	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ПВ
7	Можливість отримання організаційно-технологічної документації в автоматичному та діалоговому режимі.	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ	ЧВ

## Спеціальні вимоги в умовах ринку

1	Облік впливу на оптимальність ОТР, причини виникнення ризику на основі ринкових відношень	НВ	НВ	НВ	НВ	ЧВ
2	Облік впливу різноманітних заходів з зниження ризику на оптимальність ОТР для кожного його рівня	НВ	НВ	НВ	НВ	НВ
3	Облік впливу системи взаємодії користувача АРМ-ОТР в процесі обґрунтування і вибору ОТР	НВ	НВ	НВ	НВ	НВ
4	Можливість комплексної оцінки і вибору ОТР з урахуванням ризику на основі існуючих та розроблених методів і моделей	НВ	НВ	НВ	НВ	НВ

На жаль, проведений аналіз показав, що розроблені моделі не пов'язані як між собою, так і з існуючими моделями ні за параметрами, ні за критеріями оцінки ефективності.

Отже, необхідно розробляти моделі і методи, що враховують вплив ризиків на обґрунтування і вибір організаційно-технологічних рішень, вносити в них корективи, які дозволяли б здійснювати «входи» і «виходи» при ув'язці їх з моделями управління ризиками, зокрема, при будівництві будинків.

Найбільш широке поширення одержали методи: аналітичний, алгоритмічний, статистичний, імітаційного моделювання [5-7].

#### Наукова новизна та практична значимість

Імітаційне моделювання по методу Монте-Карло дозволяє побудувати математичну модель продукту з невизначеними значеннями параметрів, і, знаючи ймовірнісні розподіли параметрів продукту, а також зв'язок між змінами параметрів (кореляцію) отримати розподіл результатів критерію.

Метод імітаційного моделювання створює додаткову можливість при оцінці ризику за рахунок того, що робить можливим створення випадкових сценаріїв.

Застосування аналізу ризику використовує багатство інформації, будь вона у формі об'єктивних даних чи оцінок експертів, для кількісного опису невизначеності, яка існує у відношенні основних змінних проекту, для обґрунтованих розрахунків можливого впливу

невизначеності на ефективність інвестиційного проекту.

Результат аналізу ризику виражається не яким-небудь єдиним значенням, а у вигляді імовірнісного розподілу всіх можливих значень цього показника. Імітаційне моделювання – це процедура, за допомогою якої математична модель визначення будь-якого фінансового показника піддається ряду імітаційних прогонів за допомогою програмного комплексу.

В ході процесу імітації будуються послідовні сценарії з використанням вихідних даних, які за змістом проекту є невизначеними, і тому в процесі аналізу покладаються випадковими величинами. Процес імітації здійснюється таким чином, щоб випадковий вибір значень з певних імовірнісних розподілів не порушував існування відомих або передбачуваних відносин кореляції серед змінних. Результати імітації збираються і аналізуються статистично, з тим, щоб оцінити міру ризику. Отже, потенційний інвестор, з допомогою методу «MONTE» буде забезпечений повним набором даних, що характеризують ризик проекту. На цій основі він зможе прийняти зважене рішення про надання коштів.

#### Висновки

По-перше, в умовах ринкових відносин оптимальність організаційно-технологічних рішень може бути досягнута лише при врахуванні ризиків, що виникають у зв'язку зі змінами в організаційно-технологічному середовищі функціонування проектних і будівельних організацій.

цій та інших учасників інвестиційно-будівельної діяльності. По-друге, аналіз застосовуваних моделей і методів обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень показує, що вони не в повній мірі відповідають сучасним вимогам.

По-третє, обґрунтування і вибір організаційно-технологічних рішень в будівництві необхідно здійснювати на основі загальної імітаційної моделі, що містить моделі і методи оптимізації організаційно-технологічних рішень і модель управління ризиками, яка дозволяє визначати не лише якісні, але й кількісні параметри ризиків і здійснювати коригування прийнятих рішень.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гусаков, А. А. Системотехника строительства [Текст] / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1983. – 440 с.
2. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь [Текст] / Под редакцией А. А. Гусакова. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 320 с.
3. Информационные модели функциональных систем [Текст] / Под общей редакцией К. В. Судакова, А. А. Гусакова. – Москва : Фонд «Новое тысячелетие», 2004 – 304 с.
4. Завадскас, Э. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства [Текст] / Э. К. Завадскас. – Ленинград : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1991. – 256 с.
5. Тянь, Р. Б. Управление проектами в производственных системах [Текст] / Р. Б. Тянь, И. Д. Павлов, Л. С. Головкова. – Запорожье : ГУ ЗІДМУ, 2006. – 208 с.
6. Павлов, И. Д. Модели принятия управленческих решений [Текст] / И. Д. Павлов, Г. П. Брехаря, А. В. Радкевич. – Запорожье : ЗНУ, 2005. – 322 с.
7. Научные основы развития строительной отрасли Украины [Текст] / В. А. Банах, И. Д. Павлов, А. В. Радкевич та інші. – Запорожье : ЗДІА, 2017. – 460 с.
8. Пшінько, О. М. Управление логистическими системами функционирования строительного производства на основе поддержки единства моделирующих условий [Текст] / О. М. Пшінько, И. Д. Павлова, А. В. Радкевич, И. А. Арутюнян // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 2. – С. 61-66.
9. Радкевич, А. В. Модели оптимального распределения капитальных вложений на стадии календарного планирования строительства [Текст] / А. В. Радкевич, Т. В. Ткач // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 2. – С. 71-75.
10. Elton, E. J. Modern portfolio theory and investment analysis / E. J. Elton, G. J. Martin. – N.Y.: John Wiley Sons. Inc., 1991. – 736 p.
11. Pike, R. Corporate finance and investment: Decisions and strategies R. Pike, B. Neale. New Jersey: Prentice-Hall, 1993. 612 p.
12. Vanhoucke, M. Maximizing the net present value of a project with linear time-dependent cash flows / M. Vanhoucke, E. Demeulemeester, W. Herroelen // International Journal of Production Research. – 2001. – 39(14). – pp. 3159-3181.
13. Weingartner, H. M. Mathematical programming and the analysis of capital budgeting problems / H. M. Weingartner. – New Jersey: Prentice-Hall, 1963. 200 p.
14. Russel, A. H. Cash flows in networks / A. H. Russel. – Management Science. – 1970. – Vol. 16. – pp. 357-373

А. В. РАДКЕВИЧ<sup>1\*</sup>, И. А. АРУТЮНЯН<sup>2</sup>, Н. А. ДАНКЕВИЧ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Строительное производство и геодезия», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 85, эл. почта anatolij.radkevich@gmail.com, ORCID 0000-0003-4059-2357

<sup>2</sup> Кафедра «Промышленное и гражданское строительство», Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье, пр. Соборный, 226, Запорожье, Украина, 69006, тел. +38 (061) 227 12 38, эл. почта iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

<sup>3</sup> Кафедра «Промышленное и гражданское строительство», Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье, пр. Соборный, 226, Запорожье, 69006, тел. +38 (061) 227 12 38, эл. почта iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

**Цель.** В статье поставлена цель проанализировать методы и модели, которые обосновывают организационно-технологические решения строительства объектов, в частности, мостов и транспортных тоннелей. **Методика.** Нормативная документация, которая используется в настоящее время, имеет целый ряд недостатков, обусловленных несовершенством информации, произвольностью формы представления данных, к тому же практически не учитывает требований автоматизации. В современных условиях строительства объектов на оптимальность организационно-технологических решений влияют различные факторы, часть которых являются причинами возникновения риска, а вторая возникает в качестве мер снижающих влияние риска. Эти обстоятельства обуславливают необходимость разработки эффективной системы, которая минимизирует их влияние на выбор оптимального варианта организационно-технологических решений. Это позволяет минимизировать сроки и стоимость строительства при заданной качества строительно-монтажных работ с учетом выбранных методов организации и технологии производства строительно-монтажных работ. **Результаты.** Создание современной имитационной модели на основе системотехнических принципов, которая позволит создать оптимальные условия решения сложных вопросов надежности организационно-технологических решений при строительстве объектов, в частности, мостов и транспортных тоннелей. **Научная новизна.** Доказано, что в условиях рыночных отношений оптимальность организационно-технологических решений может быть достигнуто лишь при учете рисков, возникающих в связи с изменениями в организационно-технологической среде функционирования проектных и строительных организаций и других участников инвестиционно-строительной деятельности. **Практическая значимость.** Разработан метод имитационного моделирования, который создает дополнительную возможность при оценке риска за счет того, что делает возможным появление случайных сценариев.

*Ключевые слова:* организационно-технологические решения; имитационная модель; системотехника; риски

A. V. RADKEVICH<sup>1\*</sup>, I. A. ARUTYUNYAN<sup>2</sup>, N. A. DANKEVICH<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Department «Construction and surveying» of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2 Lazaryan Str., Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 85, e-mail anatoij.radkevich@gmail.com, ORCID 0000-0003-4059-2357

<sup>2</sup> Department of industrial and civil construction, Zaporizhzhya state engineering Academy, 226 Sobornyy Avenue, Zaporozhye, Ukraine, 69006, tel. +38 (061) 227 12 38, e-mail iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-5049-3742

<sup>3</sup> Department of industrial and civil construction, Zaporizhzhya state engineering Academy, 226 Sobornyy Avenue, Zaporozhye, Ukraine, 69006, tel. +38 (061) 227 12 38, e-mail iranaarutunan@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

## ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND MODELS WHEN RATIONALE OF ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF CONSTRUCTION OBJECTS

**Purpose.** A purpose to analyses methods and models, which ground the organization and technology decisions of building of objects, in particular, bridges and transporting tunnels, is put in the article. **Methodology.** A normative document which is used presently has whole row failings, conditioned by imperfection of information, arbitrariness of form of presentation of information, besides practically does not take into account the requirements of automation. In modern conditions of construction on the optimality of organizational and technological solutions to a variety of factors, some of which are the causes of risk, and the second arises as measures to reduce the impact of the risk. These circumstances require the development of an effective system that minimizes their impact on the selection of optimal organizational and technological solutions. To minimize the time and cost of construction for a given quality of construction works based on the selected methods of organization and technology of production of construction works. **Findings.** The creation of modern simulation models based on engineering principles that will allow to create optimal conditions to address the complex issues of the reliability of organizational and technological solutions in the construction of objects, in particular, bridges and transporting tunnels. **Originality.** Has been proved in the conditions of market relations the optimality of organizational and technological solutions can only be achieved at the account of risks arising from changes in the organizational and technological environment of project and construction organizations and other participants of investment and construction activities. **Practical value.** A simulation technique, which creates additional possibility at estimation of risk due to that does possible appearance of casual scenarios, has developed.

*Keywords:* organizational and technological solution; simulation model; systems engineering; risk

REFERENCES

1. Gusakov A. A. *Sistemotekhnika stroitelstva* [System engineering of construction]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983. 440 p.
2. Gusakov A. A. *Sistemotekhnika stroitelstva. Entsiklopedicheskiy slovar*. [System engineering of construction. Encyclopedic Dictionary]. Moscow, Izdatelstvo Assotsiatsii stroitelnykh vuzov Publ., 2004. 320 p.
3. Sudakova K. V., Gusakova A. A. *Informatsionnye modeli funktsionalnykh sistem* [Information models of functional systems]. Moscow, Fond «Novoe tysyacheletie» Publ., 2004. 304 p.
4. Zavadskas E. K. *Sistemotekhnicheskaya otsenka tekhnologicheskikh resheniy stroitel'nogo proizvodstva* [System-technical assessment of technological solutions of construction production]. Leningrad, Stroyizdat, Leningradskoe otdelenie Publ., 1991. 256 p.
5. Tian R. B., Pavlov I. D., Holovkova L. S. *Upravlinnia proektamy v vyrobnychkh systemakh* [Project management in production systems]. Zaporizhzhia, HU ZIDMU Publ., 2006. 208 p.
6. Pavlov I. D., Brekharya G. P., Radkevich A. V. *Modeli prinyatiya upravlencheskikh resheniy* [Models of management decision making]. Zaporozhe, ZNU Publ., 2005. 322 p.
7. Banakh V. A., Pavlov I. D., Radkevych A. V. *Naukovi osnovy rozvytku budivelnoi haluzi Ukrainy* [Scientific basis of development of the construction industry of Ukraine]. Zaporizhzhia, ZDIA Publ., 2017. 460 p.
8. Pshinko O. M., Pavlova I. D., Radkevych A. V., Arutiunian I. A. *Upravlinnia lohistychnymy systemamy funktsionuvannya budivelnogo vyrobnytstva na osnovi pidtrymky yednosti modeliuvanykh umov* [Management of logistics systems functioning of construction production on the basis of maintaining the unity of modeling conditions]. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2012, issue 2, pp. 61-66.
9. Radkevych A. V., Tkach T. V. *Modeli optimal'nogo rozpodilu kapitalnykh vkladov na stadii kalendarnoho planuvannya budivnytstva* [Models of optimal distribution of capital investments at the stage of calendar planning of construction]. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2012, issue 2, pp. 71-75.
10. Elton E. J., Martin G. J. *Modern portfolio theory and investment analysis* N.Y., John Wiley Sons. Inc., 1991. 736 p.
11. Pike R., Neale B. *Corporate finance and investment: Decisions and strategies*. New Jersey, Prentice-Hall, 1993. 612 p.
12. Vanhoucke M., Demeulemeester E., Herroelen W. Maximizing the net present value of a project with linear time-dependent cash flows. *International Journal of Production Research*, 2001, 39(14), pp. 3159-3181.
13. Weingartner H. M. *Mathematical programming and the analysis of capital budgeting problems*. New Jersey, Prentice-Hall, 1963. 200 p.
14. Russel A. H. Cash flows in networks. *Management Science*, 1970, Vol. 16, p. 357-373.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., доц. О. Л. Тютькіним (Україна), д.т.н., проф. М. І. Нетесою (Україна).

Надійшла до редколегії 15.08.2017.

Прийнята до друку 25.09.2017.