



ISSN 2312-2676

# ВІСНИК

**ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**BULLETIN**  
**OF PRYDNIPROVS'KA**  
**STATE ACADEMY OF**  
**CIVIL ENGINEERING**  
**AND ARCHITECTURE**

**№ 8 СЕРПЕНЬ 2016 РОКУ**

**ДНІПРОПЕТРОВСЬК**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

# **ВІСНИК**

**ПРИДНІПРОВСЬКОЇ  
ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**Заснований у травні 1997 року**

**№ 8 (221)  
серпень 2016**

**Дніпро 2016**

## РЕДАКЦІЙНА РАДА:

Головний редактор В. І. Большаков, д-р техн. наук  
Заступник головного редактора М. В. Савицький, д-р техн. наук  
Відповідальний секретар Г. П. Євсєєва, д-р наук держ. упр.

В. В. Данішевський, д-р техн. наук, В. М. Дерев'янку, д-р техн. наук, Н. І. Верхоглядова, д-р екон. наук, І. В. Рижков, канд. техн. наук, В. Г. Заренбін, д-р техн. наук, С. В. Іванов, д-р екон. наук, Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, С. О. Слободянюк, д-р техн. наук, О. В. Челноков, канд. техн. наук, М. В. Шпірько, д-р техн. наук

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

В. Ф. Башев, д-р фіз.-мат. наук, *Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро*. А. І. Білоконь, д-р техн. наук, *Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (ПДАБА), Дніпро*. В. М. Вадимов, д-р архітектури, *Полтава*. Н. І. Верхоглядова, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпро*. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, *Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА), Харків*. В. В. Данішевський, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. М. Дерев'янку, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. І. Дубницький, д-р екон. наук, *Донецький економіко-гуманітарний інститут, Донецьк*. М. М. Дьомін, д-р архітектури, *Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), Київ*. Г. П. Євсєєва, д-р наук держ. упр., *ПДАБА, Дніпро*. Є. А. Єгоров, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. Г. Заренбін, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. С. В. Іванов, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпро*. С. В. Каламбет, д-р екон. наук, *Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, Дніпро*. Г. М. Ковшов, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. П. Мироненко, д-р архітектури, *ХНУБА, Харків*. Ю. В. Орловська, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпро*. А. В. Плеханов, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. Л. Седін, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. С. О. Слободянюк, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. О. Тимохін, д-р архітектури, *КНУБА, Київ*. А. В. Челноков, канд. техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. М. В. Шпірько, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. М. Куна-Бронійовський, проф., *Університет природничих наук, Люблін (Польща)*. Є. Красовський, д-р техн. наук, проф., *Польська Академія наук, Комісія механізації та енергетики землеробства, Люблін (Польща)*

Збірник наукових праць входить до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук та архітектури згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 07.10.2015 № 1021

Свідоцтво про Державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації – серія КВ № 9702 – видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України 24 березня 2005 р.

Засновник та видавець Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»  
Виходить 12 разів на рік

Рекомендовано до друку вченою радою академії, протокол №14 від .07.07.2016 р.

Сайт видання [http:// visnyk.pgasa.dp.ua](http://visnyk.pgasa.dp.ua)

Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науковий журнал *Інформаційно-аналітичні системи: РИНЦ (eLibrary), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory, Indexing of International Research Journals (CiteFactor). Електронні бібліотеки та пошукові системи: Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Українські наукові журнали, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського*

Художній і технічний редактор С. Д. Моїсєнко  
Перекладач Л. В. Михайлова  
Редактор В. Д. Маловик  
Коректор В. Д. Маловик.

## У ЦЬОМУ НОМЕРІ

### НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

- Большаков В. І., Кравчуновська Т. С., Разумова О. В., Котов М. А.  
ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СТРАТЕГІЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ  
НАЙБІЛЬШИХ МІСТ УКРАЇНИ ..... 10
- Барсук Р. В., Іродов В. Ф.  
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ВИБОРУ ПЕРЕВАЖНИХ РІШЕНЬ  
ДЛЯ ТРУБЧАСТИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ  
ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ ..... 17
- Парусов Е. В., Губенко С. І., Сичков О. Б., Луценко В. А., Сагура Л. В.  
ВПЛИВ ВЕЛИЧИННИ АУСТЕНИТНОГО ЗЕРНА НА РОЗВИТОК ЗНЕВУГЛЕЦЬОВУВАННЯ  
ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА БУНТОВОГО ПРОКАТУ ..... 26
- Менейлюк О. І., Лобакова Л. В.  
АЛГОРИТМ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО РІШЕННЯ ЩОДО ПЕРЕПРОФІЛЮВАННЯ  
ПРОМИСЛОВИХ БУДИНКІВ ..... 35
- Збараз Л. І., Павлова В. Г.  
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ  
З УРАХУВАННЯМ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ..... 42
- Петренко А. О., Петренко В. О., Цуканов О. А.  
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОПАЛЕННЯМ  
І КОНДИЦІОНУВАННЯМ БУДІВЕЛЬ ..... 51
- Карпюк Л. В., Любимова-Зінченко О. В.  
ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНОГО РЕДАКТОРА В ІНЖЕНЕРНІЙ ГРАФІЦІ  
І КУРСОВОМУ ПРОЕКТУВАННІ ..... 59
- Поліщук С. З., Каспійцева В. Ю.  
ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ  
НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ ..... 65
- Менейлюк О. І., Менейлюк І. О., Нікіфоров О. Л.  
РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЧИСЕЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ БУДІВНИЦТВА ТА  
РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ..... 72

УДК 658.511.4

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

МЕНЕЙЛЮК А. И.<sup>1\*</sup>, *д. т. н., проф.*,

МЕНЕЙЛЮК И. А.<sup>2\*</sup>, *к. т. н.*,

НИКИФОРОВ А. Л.<sup>3\*</sup>, *асп.*

<sup>1\*</sup> Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (048) 7236151, e-mail: pr.mai@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1007-309X

<sup>2\*</sup> Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (048) 7236151, ORCID ID: 0000-0001-5671-334X

<sup>3\*</sup> Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 65029, Одесса, Украина, тел. +38 (066) 3309054, e-mail: aleksey-nikiforov@mail.ua, ORCID ID: 0000-0001-7002-7055

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* Проанализированы численные методы оптимизации проектов строительства и реконструкции инженерных сооружений. Рассмотрены возможные способы моделирования организационно-технологических решений в строительстве. На основании проведенного анализа в качестве наиболее эффективного выбран метод оптимизации путём экспериментально-статистического моделирования с применением современных компьютерных программ в области управления проектами и математической статистики. **Вывод.** Разработан алгоритм решения оптимизационных задач с помощью экспериментально-статистического моделирования.

**Ключевые слова:** обоснование и планирование инвестиционно-строительных проектов, экспериментально-статистическое моделирование, численные методы оптимизации

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЧИСЛОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

МЕНЕЙЛЮК О. І.<sup>1\*</sup>, *д. т. н., проф.*,

МЕНЕЙЛЮК І. О.<sup>2\*</sup>, *к. т. н.*,

НІКІФОРОВ О. Л.<sup>3\*</sup>, *асп.*

<sup>1\*</sup> Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (048) 7236151, e-mail: pr.mai@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1007-309X

<sup>2\*</sup> Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (048) 7236151, ORCID ID: 0000-0001-5671-334X

<sup>3\*</sup> Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (066) 3309054, e-mail: aleksey-nikiforov@mail.ua, ORCID ID: 0000-0001-7002-7055

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Проаналізовано числові методи оптимізації проєктів будівництва та реконструкції інженерних споруд. Розглянуто можливі способи моделювання організаційно-технологічних рішень у будівництві. На підставі проведеного аналізу в як найбільш ефективний обрано метод оптимізації шляхом експериментально-статистичного моделювання із застосуванням сучасних комп'ютерних програм у галузі управління проектами та математичної статистики. **Висновок.** Розроблено алгоритм розв'язання оптимізаційних задач за допомогою експериментально-статистичного моделювання.

**Ключові слова:** обґрунтування та планування інвестиційно-будівельних проєктів, експериментально-статистичне моделювання, числові методи оптимізації

## DEVELOPMENT OF ALGORITHMS OF NUMERICAL PROJECT OPTIMIZATION FOR THE CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF ENGINEERING STRUCTURES

MENEJLJUK O. I.<sup>1\*</sup>, *Doct. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*,

MENEJLJUK I. O.<sup>2\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.)*,

NIKIFOROV O. L.<sup>3\*</sup>, *post-grad. stud.*

<sup>1\*</sup> Department of Technology of Building Production, Odesa state academy of civil engineering and architecture, Didrikhsona str., 65029, Odesa, Ukraine, phone +38 (048) 7236151, e-mail: pr.mai@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1007-309X

<sup>2\*</sup> Department of Technology of Building Production, Odesa state academy of civil engineering and architecture, Didrikhsona str., 65029, Odesa, Ukraine, phone +38 (048) 7236151, ORCID ID: 0000-0001-5671-334X

<sup>3\*</sup> Department of Technology of Building Production, Odesa state academy of civil engineering and architecture, Didrikhsona str., 65029, Odesa, Ukraine, phone +38 (066) 3309054, e-mail: aleksey-nikiforov@mail.ua, ORCID ID: 0000-0001-7002-7055

**Summary. Raising of problem.** The paper analyzes the numerical optimization methods of construction projects and reconstruction of engineering structures. **Purpose.** Possible ways of modeling organizational and technological solutions in construction are presented. Based on the analysis the most effective method of optimization by experimental and statistical modeling with application of modern computer programs in the field of project management and mathematical statistics is selected. **Conclusion.** An algorithm for solving optimization problems by means of experimental and statistical modeling is developed.

**Keywords:** *establishment and scheduling of investment and construction projects, experimental statistical modelling, numerical methods of optimization*

**Постановка проблеми.** Реализация инвестиционно-строительного проекта (ИСП) часто сопряжена со значительными трудностями, особенно на стадии обоснования и планирования. Во многих случаях требуется рассмотреть различные организационные, технологические, финансовые и конструктивные варианты таких проектов и провести оптимизацию по техническим и экономическим критериям. Необходимы средства графического анализа и сравнительной количественной оценки, удовлетворяющие заданной точности, являющиеся относительно нетрудоёмкими и дающие возможность принимать решения в условиях существующих ограничений. В нормативной литературе и изученных информационных источниках отсутствуют рекомендации, удовлетворяющие заявленным требованиям. Поэтому качественное обоснование и планирование ИСП требуют разработки методики моделирования и последующей оптимизации по наиболее важным критериям.

Использование традиционных методов моделирования инвестиционно-строительных процессов не даёт возможности оценить эффективность вариантов различных решений. Моделирование таких вариантов и анализ экспериментально-статистических моделей позволит определить лучшее решение по выбранным критериям эффективности.

**Цель исследования, постановка задачи.** Целью исследования является разработка алгоритма оптимизации проектов строительства и реконструкции инженерных сооружений с использованием экспериментально-статистического моделирования на основании анализа возможных численных методов оптимизации и способов имитационного моделирования

строительных процессов. Поставлены следующие задачи исследования:

- проанализировать численные методы оптимизации организационных, технологических и финансовых решений в строительстве;
- рассмотреть возможные способы моделирования проектов строительства и реконструкции инженерных сооружений;
- разработать алгоритм решения оптимизационных задач с помощью экспериментально-статистического моделирования.

**Преимущества и недостатки существующих численных методов оптимизации инвестиционно-строительных проектов.** Среди наиболее распространённых можно выделить следующие методы математического моделирования и оптимизации производственных решений:

- линейное программирование и его варианты [1];
- оптимизация с помощью теории графов [2];
- оптимизация комбинаторным методом [3];
- нелинейное программирование [1];
- динамическое программирование [3];
- экспериментально-статистическое моделирование [8] и др.

Преимущества и недостатки использования представленных методов для оптимизации ИСП показаны в таблице.

Рассмотрим более подробно метод экспериментально-статистического моделирования. Он заключается в построении серии моделей производственных процессов согласно заранее утверждённому плану, а также в последующем нахождении зависимостей между критериями оптимизации (показателями) и исследуемыми факторами

путём анализа построенной серии с помощью аппарата математической статистики. Применение теории сокращённого планирования позволяет оптимизировать план численного эксперимента, что снижает трудоёмкость проведения исследований без потери точности. Применение математической статистики позволяет находить такие зависимости между показателями и факторами, характер которых теоретически установить невозможно или очень трудно. По сравнению с рассмотренными выше методами экспериментально-статистическое моделирование обладает следующими преимуществами:

- позволяет построить модели зависимости критериев оптимизации и рассматри-

ваемых факторов с использованием полинома первой, второй и более степени;

- даёт возможность построить эмпирические зависимости, что позволяет найти сложно формализуемые закономерности;
- позволяет в ходе анализа принять оптимальное управленческое решение по нескольким критериям сразу;
- позволяет ранжировать факторы по степени их влияния на критерий оптимизации;
- даёт широкие возможности применения графического анализа;
- позволяет решать практические задачи путём введения одного или нескольких ограничений, как по уровню исследуемых факторов, так и по значению критериев оптимизации.

Таблица

*Преимущества и недостатки численных методов оптимизации ИСП*

Наименование численного метода	Преимущества	Недостатки
Оптимизация с помощью теории графов	Высокая степень адаптации к условиям ИСП	Высокая трудоёмкость создания моделей; трудность оптимизации по нескольким критериям сразу; невозможность применения сравнительных средств графического анализа
Оптимизация комбинаторным методом	Точное определение оптимального решения	Чрезвычайно высокая трудоёмкость определения оптимума вследствие прямого перебора вариантов
Линейное программирование	Точное определение оптимального решения	Сложность при составлении корректных математических моделей из-за отсутствия количественных механизмов зависимости критериев оптимизации от исследуемых факторов; использование моделей первой степени не всегда корректно отображает существующие зависимости
Нелинейное программирование	Применение высоких степеней полинома позволяет строить высокоточные математические модели	См. недостатки линейного программирования
Динамическое программирование	Возможность принятия цепочки оптимальных управленческих решений	Узкая область решаемых методом задач; невозможность задания ограничений по критериям оптимизации и пределам варьирования исследуемых факторов
Экспериментально-статистическое моделирование	Относительно низкая трудоёмкость создания математических моделей с заданной точностью; возможность применения графического анализа, введения ограничений	Для решения поставленных задач не выявлены.

**Классификация задач, возникающих при оптимизации ИСП.** Рассмотрим задачи, решение которых возможно при использовании настоящей методики.

Отметим, что возможны различные типы и виды решения предлагаемых задач. Вид 1 характеризуется рассмотрением исключительно процесса производства строитель-

монтажных работ, в то время как вид 2 рассматривает процесс реализации ИСП полностью, от фазы инициации до периода получения прибыли. Соответственно, вид 1 больше затрагивает решение организационно-технологических задач и ресурсных конфликтов, оптимизацию технических решений, тогда как вид 2 – решение задач оптимизации схем финансирования и распределения денежных потоков.

Различны и форматы оптимизационных решений: для вида 1 это график производства работ, графики потребления трудовых и финансовых ресурсов, потребности в машинах и механизмах, отражающие выбранную модель строительного производства, для вида 2 – таблица денежных потоков по проекту, отражающая выбранную модель при заданных ограничениях и содержащая показатели эффективности ИСП по каждому из периодов и в целом по проекту, а также укрупнённые графики производства работ, содержащие подробную финансово-экономическую информацию по проекту.

Опишем типы задач, постановка которых возможна в настоящей методике:

1. Оценка влияния и выбор оптимальных значений организационно-технологических факторов при заданных финансово-экономических условиях (сравнение, выбор и обоснование стратегии организационно-технологических решений):

- при заданной схеме финансирования, структуре и сроках финансирования, и составе участников;

- при заданном уровне инфляции, ставке налогообложения, ставке амортизационных отчислений;

- при заданных норме дисконта, внутренней норме доходности и других базовых показателях бизнес-плана, принятых оптимальными [9];

- при заданном методе учёта вложений собственных ресурсов [10]:

- метод альтернативных проектов;
- метод альтернативных издержек.

2. Оценка влияния и выбор оптимальных значений финансово-экономических факторов при заданных организационно-

технологических условиях (сравнение, выбор и обоснование стратегии финансово-экономических решений):

- при заданном решении ресурсной/временной задачи;

- при заданном методе расчёта календарного плана [11]:

- метод критического пути;

- метод непрерывного использования ресурсов;

- метод непрерывного освоения фронтов работ.

- при совмещении процессов с минимальными или управляемыми резервами времени.

3. Выбор эффективной стратегии реализации ИСП при существующих ограничениях.

4. Оценка рисков использования выбранной стратегии реализации ИСП (оптимальной или нескольких моделей) при заданных условиях с помощью метода Монте-Карло и изопараметрического анализа [12; 13]. Сравнительная оценка рисков различных стратегий реализации ИСП.

5. Анализ и оценка стратегии для реализованных моделей однотипных ИСП.

Для всех типов и видов задач возможно рассмотрение как единичного, так и групп ИСП.

**Алгоритм решения оптимизационных задач с помощью экспериментально-статистического моделирования.** Предлагаемая методика экспериментально-статистического моделирования и оптимизации организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений реализуется с помощью общего алгоритма проведения оптимизационных исследований строительного производства с применением экспериментально-статистического моделирования, показанного на рисунке.

Ниже более подробно описаны приведённые на рисунке этапы.

Проведение и анализ результатов технического обследования условий реализации ИСП.

Разработка проектной документации: чертежей стадии П, проекта организации



строительства, локального, сводного сметных расчётов и т. п. (при необходимости).



Рис. Блок-схема методики исследования по оптимизации строительных процессов

Поиск альтернатив базовому проекту, составление номенклатуры, расчёт трудозатрат и расценок на комплексы работ (при необходимости).

Назначение степеней рисков реализации выбранных организационно-технологических и финансово-экономических схем (при необходимости).

Анализ финансово-экономических и организационно-технологических результатов, завершённых ИСП (при необходимости).

Многокритериальный анализ имеющихся технологических, финансово-технологических и др. альтернатив (при необходимости).

Определение наиболее важных показателей и влияющих на них факторов.

Построение и обоснование плана проведения эксперимента, проверка его адекватности реальным условиям по организационно-технологическим и/или финансово-экономическим критериям.

Построение экспериментальных моделей реализации ИСП с помощью специализированного программного обеспечения в соответствии с планом проведения эксперимента.

Определение предельно допустимой погрешности и ошибки эксперимента.

Построение экспериментально-статистических моделей зависимости выбранных показателей от исследуемых факторов с помощью специализированного программного обеспечения для обработки экспериментальных данных.

Предварительный анализ наиболее общих закономерностей исследования путём анализа матрицы результатов эксперимента.

Качественный анализ результатов по полученным аналитическим моделям изменения показателей.

Ранжирование факторов по степени влияния на показатели в зоне максимумов и минимумов, средних значений и синергизму (при необходимости).

Проведение экспериментальных исследований с меньшим количеством факторов или с ограничением области варьирования факторов (при необходимости).

Построение базовых многомерных графиков зависимости показателей от всех исследуемых факторов, их анализ и поиск областей факторного пространства, содержащих точки оптимума.

Изучение некоторых областей факторного пространства путём построения моделей с использованием предположительно опти-

мальных организационно-технологических режимов.

Сравнение нескольких точек оптимума по выбранным критериям: организационным, технологическим, финансовым и др. (при необходимости).

Построение много- и одномерных графиков с введением ограничений по значениям показателей и факторов.

Количественный анализ полученных зависимостей и принятие оптимального решения о выборе модели ИСП.

Приведение найденных оптимальных решений в вид, пригодный для производственного использования:

- календарный график производства строительно-монтажных работ;
- графики потребления трудовых и финансовых ресурсов, потребности в машинах и механизмах, отражающие выбранную модель строительного производства;
- технологические карты на производство строительно-монтажных работ методами, признанными оптимальными по результатам исследования;
- таблица денежных потоков по проекту, отражающая выбранную модель при заданных ограничениях и содержащая показатели эффективности ИСП по каждому из периодов и в целом по проекту;
- укрупнённые графики реализации ИСП, содержащие подробную финансово-экономическую информацию по проекту.

**Результаты исследования.** Предлагаемая методика может быть широко использована, например, в следующих случаях:

Выявление новых закономерностей изменения показателей ИСП в виде аналитических и графических моделей.

Количественный анализ полученных экспериментально-статистических зависимостей.

Определение оптимальных режимов моделей реализации ИСП при использовании различных сочетаний организационно-технологических и финансово-экономических схем.

Принятие обоснованного управленческого решения о методах реализации ИСП в

условиях имеющихся ограничений и формализация его в виде, удобном для производства.

Контроль за реализацией ИСП и оперативная корректировка полученной модели с учётом изменений.

Анализ и оценка реализованных стратегий для оптимизации аналогичных проектов.

Прогнозирование результата при варьировании организационными режимами строительного производства в условиях изменяющейся финансовой ситуации.

Выбор и обоснование технологической схемы производства работ по сравнению с имеющимися альтернативами.

Выбор рациональной совмещённости работ и других режимов интенсификации строительного производства.

Выбор оптимального варианта реализации ИСП при большом количестве участников (учитывая и максимально удовлетворяя интересы каждого).

Выбор эффективных вариантов совмещения различных технологий, источников финансирования.

Решение ресурсных конфликтов и выбор оптимальной схемы совмещения различных ИСП, выполняемых одной организацией.

**Выводы.** Анализ численных методов оптимизации показал, что экспериментально-статистическое моделирование обладает рядом преимуществ, которые позволяют рекомендовать его при решении задач оптимизации рассматриваемых проектов.

Наиболее эффективным способом моделирования процессов строительства и реконструкции является применение компьютерных моделей, построенных с использованием программного обеспечения для управления проектами.

Проведённый анализ позволил разработать алгоритм численной оптимизации проектов строительства и реконструкции инженерных сооружений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тынкевич М. А. Экономико-математические методы (исследование операций) / М. А. Тынкевич. – 3-е изд., испр. и доп. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 222 с.
2. Филлипс Д. Т. Методы анализа сетей : пер. с англ. / Д. Т. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – Москва : Мир, 1984. – 496 с.
3. Глухов В. В. Математические методы и модели для менеджмента / В. В. Глухов, М. Д. Медников, С. Б. Коробко. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2005. – 528 с.
4. Вознесенский В. А. Компьютерное материаловедение, экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация композиционных строительных материалов / В. А. Вознесенский // Строительство в России. Прогресс науки и техники / Инж. акад. Рос. Федерации, секция «Строительство». – Москва, 1993. – С. 97–101.
5. Базилевич Л. А. Модели и методы рационализации и проектирования организационных структур управления / Л. А. Базилевич, Д. В. Соколов, Л. К. Франева. – Ленинград : Изд-во ЛФЭИ, 1991. – 81 с.
6. Задгенидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Задгенидзе. – Москва : Наука, 1976. – 390 с.
7. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – Москва : Наука, 1965. – 340 с. – (Физико-математическая библиотека инженера).
8. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни ; пер. с англ. И. Л. Романовской и А. П. Хусу ; под ред. Ю. В. Линника. – Москва : Наука, 1970. – 287 с.
9. Игонина Л. Л. Инвестиции / Л. Л. Игонина ; под ред. В. А. Слепова. – Москва : Экономистъ, 2005. – 478 с.
10. Кузнецов Б. Т. Инвестиции / Б. Т. Кузнецов. – Москва : Юнити-Дана, 2006. – 679 с.
11. Болотин С. А. Организация строительного производства / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – Москва : Академия, 2007. – 208 с.
12. Изопараметрический анализ кинетики изменения вероятностных показателей водопоглощения мелкозернистого бетона с полифункциональной добавкой / В. А. Вознесенский, С. В. Коваль, Т. В. Ляшенко, С. В. Рябых, В. А. Феофанов // Работоспособность строительных материалов при воздействии различных эксплуатационных факторов : межвуз. сб. науч. тр. / Казан. инж.-строит. ин-т. – Казань: КИСИ, 1990. – С. 54-60.
13. Использование метода Монте-Карло при анализе взаимосвязи между полями реологических показателей композиций для отделочных работ / Т. В. Ляшенко, В. А. Вознесенский, Т. И. Пищева, Я. Иванов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Одеса, 2001. – Вип. 3. – С. 57-64.

## REFERENCES

1. Tynkevich M.A. *Ekonomiko-matematicheskie metody (issledovanie operatsii)* [Economy and mathematical methods (procedure researching)]. Kemerovo: KuzGTU, 2011, 222 p. (in Russian).
2. Fillips D.T. and Garsia-Dias A. *Metody analiza setey* [Analysis methods of webs]. Moskva: Mir, 1984, 496 p. (in Russian).
3. Glukhov V.V., Mednikov M.D. and Korobko S.B. *Matematicheskie metody i modeli dlya menedzhmenta* [Mathematical methods and models for the management]. Sankt-Petersburg: Lan', 2005, 528 p. (in Russian).
4. Voznesenskiy V.A. *Komp'yuternoe materialovedenie, eksperimental'no-statisticheskoe modelirovanie i optimizatsiya kompozitsionnykh stroitel'nykh materialov* [Computer materials science, experimental and statistical modeling and composite building materials optimization]. *Stroitel'stvo v Rossii. Progress nauki i tekhniki* [Construction in Russia. Science and technical progress]. *Inzh. akad. Ros. Federatsii, sektsiya «Stroitel'stvo»* [Engineering academy of Russian Federation]. Moskva, 1993, p. 97-101. (in Russian).
5. Bazilevich L.A., Sokolov D.V. and Franeva L.K. *Modeli i metody ratsionalizatsii i proektirovaniya organizatsionnykh struktur upravleniya* [Models and methods of rationalization and designing of management organizational structures]. Leningrad: LFEI, 1991, 81 p. (in Russian).
6. Zadgenidze I.G. *Planirovanie eksperimenta dlya issledovaniya mnogokomponentnykh system* [Experimental design for the study of multicomponent systems]. Moskva: Nauka, 1976, 390 p. (in Russian).
7. Nalimov V.V. and Chernova N.A. *Statisticheskie metody planirovaniya ekstremal'nykh eksperimentov* [Statistical methods of extreme experiments planning]. Moskva: Nauka, 1965, 34 p. (in Russian).
8. Finni D. *Vvedenie v teoriyu planirovaniya eksperimentov* [Entering to the theory of experimental planning]. Moskva: Nauka, 1970, 287 p. (in Russian).
9. Igonina L.L. *Investitsii* [Investments]. Moskva: Ekonomist', 2005, 478 p. (in Russian).
10. Kuznetsov B.T. *Investitsii* [Investments]. Moskva: Juniti-Dana, 2006, 679 p. (in Russian).
11. Bolotin S.A. and Vihrov A.N. *Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* [Organization of building production].

Moskva: Akademiya, 2007, 208 p. (in Russian).

12. Voznesenskiy V.A., Koval' S.V., Lyashenko T.V. Ryabykh S.V. and Feofanov V.A. *Izoparametricheskiy analiz kinetiki izmeneniya veroyatnostnykh pokazateley vodopogloshcheniya melkozernistogo betona s polifunkcional'noy dobavkoy* [An isoparametrical kinetics analysis of the probability indicators changes of water absorption fine concrete with a multifunctional additive]. *Rabotosposobnost' stroitel'nykh materialov pri vozdeystvii razlichnykh ekspluatatsionnykh faktorov* [The building materials efficiency influencing of various operational factors]. Kazan': KISI. 1990, pp. 54-60. (in Russian).
13. Lyashenko T.V., Voznesenskiy V.A., Pishcheva T.I. and Ivanov Ya. *Ispol'zovanie metoda Monte-Karlo pri analize vzaimosvyazi mezhdu polyami reologicheskikh pokazateley kompozitsiy dlya otdelochnykh rabot* [The use of the Monte Carlo method in the analysis of the relation between the compositions rheology factors fields for finishing works]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Odesa, 2001, vol. 3, pp. 57-64. (in Russian).

*Рецензент: д-р т. н., проф. Кравчуновська Т. С.*

Надійшла до редколегії: 24.05.2016 р.

Прийнята до друку: 23.06.2016 р.

Відповідальність за достовірність інформації, що міститься в друкованих матеріалах,  
несуть автори.  
Редколегія не завжди поділяє авторську точку зору.

Комп'ютерну верстку та друк виконано в редакційно-видавничому відділі ПДАБА.

Адреса редакції:  
✉ Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24<sup>а</sup>,  
кімната 607-В (відповідальний секретар), кімната 203а (редакційно-видавничий відділ).  
☎ (0562) 756-34-98, (0562) 47-07-88  
e-mail: visnik\_psacea@ukr.net

Підписано до друку 19.08.2016 р. Формат 60×84 1/8.  
Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 3,95. Умовн. фарб.-відб. арк. 3,95.  
Обл.-видавн. арк. 6,89. Тираж 300 прим. Зам. 136

---

Ответственность за достоверность информации, представленной в печатных материалах,  
несут авторы.  
Редколлегия не всегда разделяет авторскую точку зрения.

Компьютерная верстка и печать выполнены в редакционно-издательском отделе ПГАСА.

Адрес редакции:  
✉ Украина, 49600, г. Днепр, ул. Чернышевского, 24<sup>а</sup>,  
комната 607-В (ответственный секретарь), комната 203а (редакционно-издательский отдел).  
☎ (0562) 756-34-98, (0562) 47-07-88  
e-mail: visnik\_psacea@ukr.net

Подписано к печати 19.08.2016 г. Формат 60×84 1/8.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,95. Усл. кр.-отт. л. 3,95.  
Уч.-изд. л. 6,89. Тираж 300 экз. Зак. 136

---

Authors shall be responsible for the accuracy of the information  
contained in the printed materials.  
Editors do not always agree with the author's point of view.

Desktop publishing and printing are performed in the Editorial Department at PSACEA.

Editorial address:  
✉ 24a Chernyshevskogo Street, Dnipro, 49600, Ukraine  
room 607-V (Executive Secretary), room 203a (Editorial department).  
☎ (0562) 756-34-98, (0562) 47-07-88  
e-mail: visnik\_psacea@ukr.net

Send to press on August 19, 2016. Format 60×84 1/8.  
Offset printing. Conventional quire 3.95. Conventional color imprints 3.95.  
Publisher's signatures 6.89. Number of copies 300. Order 136