

Гончаренко Д. Ф., Менайлюк И. А.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры**(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua; meneyiv@gmail.com; orcid.org/0000-0001-8973-3742)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ОДЕССЕ ПРИ ВАРИАНТНОМ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

В статье проанализированы численные методы оптимизации проектов строительства жилых и общественных зданий. Рассмотрены возможные способы моделирования организационно-технологических решений в строительстве. На основании проведённого анализа в качестве наиболее эффективного выбран метод оптимизации путём экспериментально-статистического моделирования с применением современных компьютерных программ в области управления проектами и математической статистики. Разработана методика определения показателей строительства жилых и общественных зданий с помощью экспериментально-статистического моделирования.

Ключевые слова: организация строительства, гражданское строительство, жилой комплекс, торгово-развлекательный центр, экспериментально-статистическое моделирование.

Введение. Объем возведения гражданских зданий в Украине за период 2010-2018 гг. вырос в 3,4 раза (с 19 659,1 млн. грн. до 66 791,6 млн. грн.). При этом, условия возведения гражданских зданий являются более сложными по сравнению с другими видами строительства по двум основным причинам: усложненные инженерные условия, а также нестабильность финансовой ситуации на макро- и микроэкономическом уровнях. В изученной нормативной и справочной литературе не было найдено исчерпывающих системных рекомендаций по выбору организационных и финансовых решений по указанной теме. Реализация инвестиционно-строительного проекта (далее – ИСП) часто сопряжена со значительными трудностями, особенно на стадии обоснования и планирования. Во многих случаях требуется рассмотреть различные организационные, технологические и финансовые 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.

Целью исследования является обоснование методики определения показателей строительства жилых и общественных зданий при вариантном организационно-технологическом проектировании. Задачи исследования:

1. Проанализировать численные методы оптимизации организационных, технологических и финансовых решений в строительстве.
2. Рассмотреть возможные способы моделирования проектов строительства жилых и общественных зданий.
3. Разработать методику определения показателей строительства жилых и общественных зданий с помощью

экспериментально-статистического моделирования.

Материалы исследований. 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 [4, 5, 6, 7,8] и др.

Преимущества и недостатки использования представленных методов для оптимизации ИСП показаны в таблице 1.

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:

Таблица 1 - 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	Повторяют 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

- позволяет построить модели зависимости критериев оптимизации и рассматриваемых 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.

Был проведен анализ существующих программ по управлению проектами. Наиболее используемыми программами являются:

- *Primavera*. Программное решение Primavera Project Management компании Oracle обладает достаточно широкой функциональностью, в частности, управление проектами и портфелями, управление ресурсами, планирование расписания проекта, управление затратами, таблицы учета рабочего времени и др. [14].
- *Hewlett-Packard Project Portfolio Management Center*. Инструмент позволяет определять наиболее важные проекты организации, использовать планирование «сверху-вниз», на основе разработанных подробных планов «снизу-вверх», отслеживать выполнение проекта и следить за реализацией портфеля в целом, вовремя вносить корректировки и др. [15]. Однако, высокая ежемесячная стоимость данной программы не позволяет применять ее в данных исследованиях.
- *Basecamp* – это онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам, созданный компанией

«37signals» [16]. Basecamp совместим со многими приложениями, виджетами и другими программами. Несмотря на широкую популярность, Basecamp считается недостаточно приспособленным для ведения сложных и долговременных проектов, а также для использования в больших компаниях.

- *OpenProj* – кроссплатформенное программное обеспечение для управления проектами. Позиционируется создателями как открытая замена коммерческому продукту Microsoft Project [17]. Однако, программа OpenProj пока не получила такого широкого распространения, как его аналоги.
- *GanttProject* – программа, предназначенная для планирования проектов на основе построения диаграмм Ганта и диаграмм типа PERT. Поддерживается импорт/экспорт документов Microsoft Project. Программа разработана на языке Java. Распространяется на условиях GNU General Public License [18]. Данный продукт пока не получил широкого применения, как его западные аналоги (Primavera и разработки компании Microsoft), но является перспективной программой для управления проектами.
- *Spider Project* – интегрированная система управления проектами. Технологии управления проектами и система Spider Project позволяет создавать диаграммы Ганта, графики и гистограммы, сетевые и организационные диаграммы, поточные диаграммы [19]. Наряду с другими более известными программами по управлению проектами Spider Project имеет практически такие же характеристики, однако, менее распространена в Украине.
- *Microsoft Office Project* наиболее характерен для рынка СНГ программного обеспечения по управлению проектами [20]. Этот факт обусловлен известностью программного продукта компании Microsoft для управления проектами – Microsoft Project. Данная программа удачно объединяет в себе

управление проектами и портфелями, в частности, позволяет интегрировать календарное и ресурсное планирование.

Результаты исследований. 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 строительно-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:

- 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.
- 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.
 - Выбор эффективной стратегии реализации ИСП при существующих ограничениях.
 - 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.
 - Анализ и оценка стратегии для реализованных моделей однотипных ИСП.

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

По результатам проведённого анализа материалов исследования можно предложить следующий алгоритм вариантного организационно-технологического проектирования (рис. 1):

1. Определить и ввести в программу для управления проектами (например, Microsoft Project) проектные объёмы работ и затраты труда рабочих.

2. Определить перечень необходимых стройматериалов, оборудования, машин и механизмов, затраты на их использование по каждому процессу,
3. Определить нормативный состав исполнителей и их заработную плату, затем ввести данные в программу.

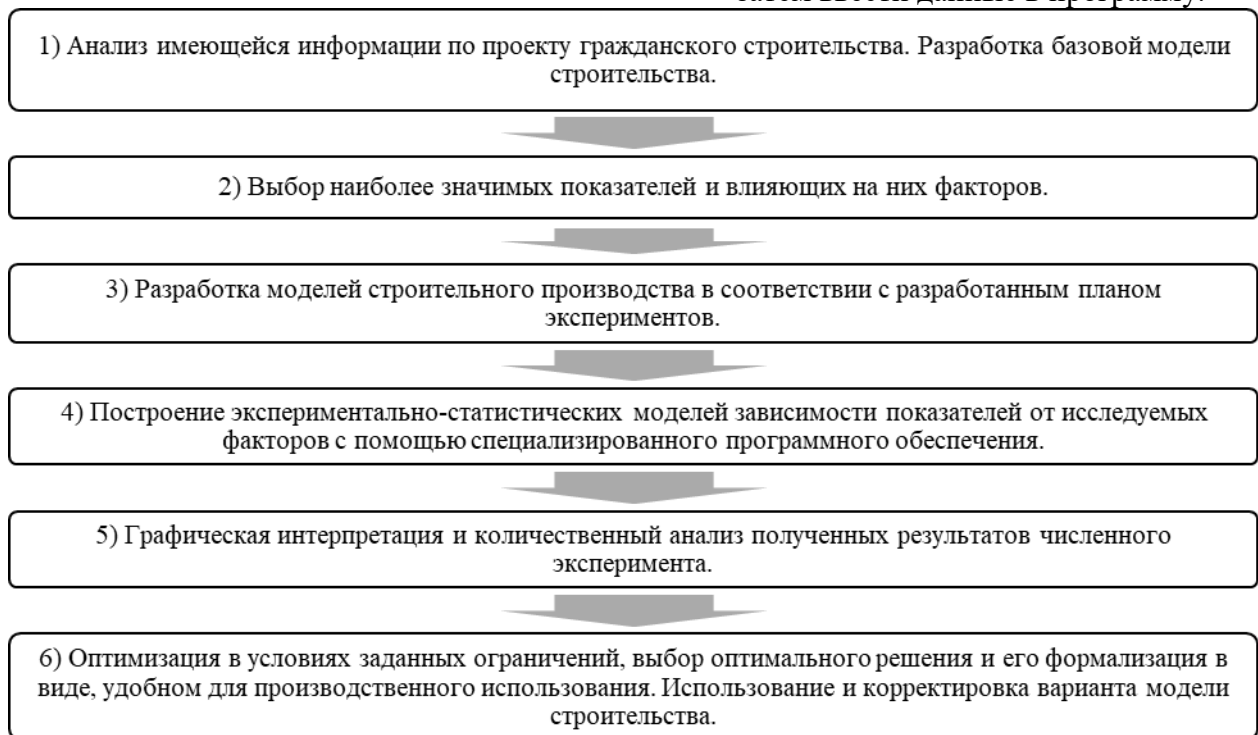


Рис. 1. Блок-схема алгоритма вариантного организационно-технологического проектирования гражданского строительства

4. Принять необходимое количество рабочего времени.
5. Произвести взаимную увязку работ во времени.
6. После ввода данных программа самостоятельно строит критический путь и определяет запасы по времени в базовой модели.
7. Составить перечень показателей эффективности производственных процессов, которые необходимо определить в процессе экспериментально-статистического моделирования.
8. Назначить варьируемые факторы и уровни их изменения относительно величин базового плана.
9. Выбрать план проведения численного эксперимента в соответствии с математической теорией планирования.
10. Построить необходимое количество вариантов проекта в соответствии с намеченным планом.
11. Определить аналитические зависимости показателей эффективности от варьируемых факторов в исследуемых граничных пределах с помощью программы COMPEX.
12. Построить графики этих зависимостей (для удобства использования).
13. Выполнить анализ полученных моделей.
14. Выбрать эффективную модель проекта в зависимости от имеющихся граничных условий на основе анализа моделей.
15. После начала строительства производить мониторинг производства работ с целью соответствия выбранной модели.
16. В случае необходимости, корректировать выбранную модель или заменить ее в соответствии с изменениями условий по отношению к запланированным (изменение времени строительства, интенсивности финансирования, количества рабочих, машин, механизмов, оборудования и т.п.).

Выводы

1. Анализ численных методов показал, что экспериментально-статистическое моделирование обладает рядом преимуществ, которые позволяют рекомендовать его при решении задач оптимизации рассматриваемых проектов.
2. Наиболее эффективным способом моделирования процессов строительства и реконструкции является применение компьютерных моделей, построенных с использованием программного обеспечения для управления проектами.
3. Проведенный анализ позволил обосновать методику определения показателей строительства жилых и общественных зданий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тынкевич М. А. Экономико-математические методы (исследование операций): Учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. Кемерово: Кузбасс. гос. техн. ун-т, 2011. 222 с.
2. Филлипс Д. Методы анализа сетей. / пер. с англ. М.: Мир, 1984. 496 с.
3. Глухов В. В., Медников М. Д., Коробко С. Б. Математические методы и модели для менеджмента (2-е изд., испр. и доп.). СПб.: Издательство «Лань», 2005. 528 с.
4. Вознесенский В.А. Компьютерное материаловедение, экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация композиционных строительных материалов. *Строительство в России: Прогресс науки и техники*. М.: РИА, 1993. С. 97-101.
5. Базилевич Л. А., Соколов Д. В., Франева Л. К. Модели и методы рационализации и проектирования организационных структур управления: Учебное пособие. Ленинград: Изд. ЛФЭИ, 1991. 81 с.
6. Задгенидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука, 1976. 390 с.
7. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.
8. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов. / пер. с англ. Романовской И. Л., Хусу А. П., под ред. Линника Ю. В. М.: Наука, 1970. 281 с.
9. Игонина Л.Л. Инвестиции: учеб. пособие / под ред. д-ра экон. наук, проф. В.А. Слепова. М.: Экономист, 2005. 478 с.
10. Кузнецов Б. Т. Инвестиции. М.: Юнити, 2006. 679с.
11. Болотин С. А., Вихров А. Н. Организация строительного производства. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 208 с.
12. Вознесенский В.А., Коваль С.В., Ляшенко Т.В. и др. Изопараметрический анализ кинетики изменения вероятностных показателей водопоглощения мелкозернистого бетона с полифункциональной добавкой. *Работоспособность строительных материалов при воздействии различных эксплуатационных факторов*: Межвуз. сб. науч. тр. Казань: КИСИ. 1990. С.54-60.
13. Ляшенко Т.В., Вознесенский В.А., Пищева Т.И., Иванов Я. Использование метода Монте-Карло при анализе взаимосвязи между полями реологических показателей композиций для отделочных работ. *Вісник Одес. ДАБА*. Одеса: Місто майстрів, 2001. Вип. 3. С. 57-64.
14. *Integrated Cloud Applications and Platform Services*. веб-сайт. URL: <http://www.oracle.com>.
15. Project and Portfolio Management Center. *HP*. веб-сайт. URL: http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2009/lasvegas-events2009/HPPPMOverview.pdf
16. Project Management and Team Communication Software. *Basecamp*. веб-сайт. URL: <https://basecamp.com/>
17. *OpenProject - online project management software*. веб-сайт. URL: <http://openproj.ru.uptodown.com/>
18. Free project Scheduling and management application. *GanttProject*. веб-сайт. URL: www.ganttproject.biz
19. *Управление проектами – технологии управления Спайдер Украина*. веб-сайт. URL: <http://spiderproject.com.ua/>
20. *Microsoft*. веб-сайт. URL: www.microsoft.com

Гончаренко Д. Ф., Менейлюк І. О. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА В ОДЕСІ ПРИ ВАРІАНТНОМУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЕКТУВАННІ. У статті проаналізовані чисельні методи оптимізації проектів будівництва житлових і громадських будівель. Розглянуто можливі способи моделювання організаційно-технологічних рішень в будівництві. На підставі проведеного аналізу

в якості найбільш ефективного обраний метод оптимізації шляхом експериментально-статистичного моделювання із застосуванням сучасних комп'ютерних програм в області управління проектами та математичної статистики. Розроблено методику визначення показників будівництва житлових і громадських будівель за допомогою експериментально-статистичного моделювання.

Ключові слова: організація будівництва, цивільне будівництво, житловий комплекс, торгово-розважальний центр, експериментально-статистичне моделювання.

Honcharenko D. F, Menejljuk I. O. DEFINITION OF INDICATORS OF ODESSA CIVIL CONSTRUCTION BY OPTIONAL

ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL DESIGN. The article analyzes numerous methods of optimization of construction projects for residential and public buildings. Possible ways of modeling organizational and technological solutions in construction were considered. There have been chosen as the most effective the method of optimization by experimental-statistical modeling with the use of modern computer programs in the field of project management and mathematical statistics. The method of determining the construction indicators of residential and public buildings by means of experimental statistical modeling was developed.

Key words: construction organization, civil construction, residential building, shopping center, experimental-statistical modeling.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-203-208

УДК 69.059.22.699.8

Бондар В.О., Бондар Л.В., Попович Н.М., Василенко Л.В.

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
(пр-т Першотравневий, 24, Полтава, 36011, Україна; e-mail: lvbondar06@gmail.com;
deridnatasha@rambler.ru; luizavasilenko17@gmail.com;*

orcid.org/0000-0001-8671-2890; orcid.org/0000-0002-1595-7740; orcid.org/0000-0002-1685-7630)

ЗАМІНЕННЯ АРМАТУРНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ ЗА НЕВИЗНАЧЕНИХ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Згідно діючих рекомендацій при заміненні арматури в згинальних елементах повинна виконуватись умова, за якої сумарна площа поперечного перерізу арматури була рівною чи більшою сумарної площі замінюваної арматури. При цьому навантаження, що призводить до виникнення в залізобетонному елементі розрахункових зусиль, визначається за прийнятими в нормативних документах статистичними характеристиками властивостей арматури і бетону. У випадку високої культури виробництва фактичні характеристики властивостей арматури і бетону можуть відрізнятись від прийнятих в нормативних документах. У зв'язку з цим виникає в даному випадку можливість зменшити витрати арматури при її заміненні.

Метою даної роботи є розробка методу розрахунку замінення арматури при виготовленні згинальних залізобетонних елементів за невизначених характеристик матеріалів. Алгоритм розрахунку наступний. Визначається мінімальне значення несучої здатності згинального елемента при розрахункових опорах міцності бетону, арматури, середнє значення несучої здатності елемента за середніми проектними значеннями міцності матеріалів, фактична несуча здатність елемента. Визначаються стандарти проектної та фактичної несучої здатності. За даними параметрами розраховуються та порівнюються проектна кількість стандартів, на які відстоїть середня проектна несуча здатність, від мінімальної ($u_{пр}$), фактичне середнє значення несучої здатності від мінімальної ($u_{ф}$). Коли $u_{ф} > u_{пр}$, конструкція має запас міцності, який може бути реалізований при заміненні арматури. При виконанні даної умови отримано залежність для розрахунку можливого значення несучої здатності елемента і відповідного перерізу арматури для замінення. Чисельний розрахунок за даним методом підтверджує можливість зменшення витрат арматури при її заміненні, з використанням розробленої методики.

Ключові слова: залізобетонний елемент, ресурс несучої здатності, заміна арматури.