

УДК 69.003

Одинцов Михаил Андреевич

Студент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Odintsov Michail Andreyevich

Student

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ И ОПТИМИЗАЦИИ
НЕПРЕДВИДЕННЫХ ЗАТРАТ ИНВЕСТИЦИОННО-
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ
АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ**

Аннотация: Современные инвестиционно-строительные проекты характеризуются высокой сложностью организационно-технологических процессов, значительной капиталоемкостью и существенным влиянием факторов неопределенности на сроки и стоимость реализации объектов. Одной из наиболее распространенных проблем строительной отрасли является возникновение непредвиденных расходов, приводящих к превышению первоначально запланированного бюджета проекта. Целью исследования является разработка математической модели оценки и оптимизации непредвиденных затрат инвестиционно-строительных проектов на примере административных зданий. В работе использованы методы анализа научной литературы, экономико-математического моделирования и сценарного прогнозирования. Разработана система параметров, учитывающая организационные, технологические, логистические и климатические факторы, оказывающие влияние на величину дополнительных затрат. Предложенная модель позволяет рассчитывать совокупный объем непредвиденных расходов, определять уровень риска проекта и формировать различные сценарии реализации строительства. Результаты исследования показывают, что применение математического моделирования позволяет повысить точность прогнозирования затрат, снизить вероятность превышения бюджета и повысить эффективность управления инвестиционно-строительными проектами.

Abstract: Modern investment and construction projects are characterized by high complexity of organizational and technological processes, significant capital intensity and a substantial influence of uncertainty factors on project duration and cost. One of the most common problems in the construction industry is the occurrence of unforeseen expenses leading to budget overruns. The purpose of this study is to develop a mathematical model for assessing and optimizing unforeseen costs in investment and construction projects using administrative buildings as an example. The research is based on the analysis of scientific literature, economic and mathematical modeling, and scenario forecasting methods. A system of parameters

considering organizational, technological, logistical and climatic factors affecting additional costs has been developed. The proposed model makes it possible to calculate the total amount of unforeseen expenses, determine project risk levels and generate different implementation scenarios. The results demonstrate that mathematical modeling improves cost forecasting accuracy, reduces the probability of budget overruns and increases the efficiency of project management.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект; непредвиденные расходы; математическое моделирование; строительные риски; оптимизация затрат; административные здания; управление стоимостью.

Key words: investment and construction project; unforeseen expenses; mathematical modeling; construction risks; cost optimization; administrative buildings, cost management.

Введение:

Современная строительная отрасль функционирует в условиях высокой неопределенности, связанной с изменением стоимости ресурсов, нарушением логистических цепочек, климатическими факторами и организационно-технологическими рисками. В результате реализации инвестиционно-строительных проектов нередко возникают дополнительные затраты, не предусмотренные первоначальной сметной документацией.

Особенно актуальна данная проблема при строительстве административных зданий, где требуется высокая точность планирования сроков и стоимости работ. Даже незначительные отклонения от проектных решений способны привести к существенному увеличению стоимости строительства и снижению эффективности инвестиционного проекта.

В современных условиях особое значение приобретают методы математического моделирования, позволяющие прогнозировать величину непредвиденных расходов и формировать обоснованные управленческие решения на различных стадиях жизненного цикла проекта.

Цель исследования:

Целью исследования является разработка математической модели оценки и оптимизации непредвиденных затрат инвестиционно-строительных

проектов на примере административных зданий с учетом организационно-технологических факторов.

Материал и методы исследования:

Исследование основано на анализе отечественных и зарубежных научных публикаций, нормативно-технической документации, а также практических данных инвестиционно-строительных проектов административного назначения.

В процессе исследования были использованы следующие методы:

- анализ научной и нормативной литературы;
- систематизация факторов возникновения непредвиденных расходов;
- экономико-математическое моделирование;
- сценарный анализ рисков;
- сравнительный анализ результатов моделирования.

Для формирования модели были выделены основные факторы, влияющие на возникновение дополнительных затрат:

- количество рабочих на объекте;
- количество единиц строительной техники;
- продолжительность дополнительных работ;
- расстояние транспортировки техники;
- коэффициент сложности проекта;
- коэффициент погодных условий;
- аварийные ремонты;
- дополнительные логистические расходы.

Результаты исследования и их обсуждение:

Проведенный анализ показал, что непредвиденные расходы формируются под воздействием комплекса организационных, технологических, экономических и внешних факторов.

В рамках исследования разработана экономико-математическая модель, позволяющая оценивать величину дополнительных затрат в процессе реализации строительного проекта.

Общая величина непредвиденных расходов определяется следующим выражением:

$$Y_{real} = \sum_{j=1}^6 Y_j, \quad (1)$$

где Y_{real} -общая величина непредвиденных расходов;

Y_1 - дополнительные расходы на топливо;

Y_2 - расходы на расходные материалы;

Y_3 - расходы на вывоз строительного мусора;

Y_4 - транспортные расходы;

Y_5 - расходы на аварийный ремонт техники;

Y_6 - прочие внеплановые расходы.

Дополнительные расходы на топливо определяются с учетом количества техники, продолжительности дополнительных работ и погодных условий:

Величина дополнительных затрат на топливо определяется следующим выражением:

$$Y_1 = N_m \cdot D_{extra} \cdot q_{fuel} \cdot P_{fuel} \cdot k_{weather}, \quad (2)$$

где N_m - количество единиц строительной техники;

D_{extra} - дополнительные дни выполнения работ;

q_{fuel} - средний расход топлива одной единицы техники;

P_{fuel} - стоимость топлива;

$k_{weather}$ - коэффициент влияния погодных условий.

Коэффициент погодных условий учитывает увеличение расхода топлива при работе техники в неблагоприятных климатических условиях, характерных для северных регионов строительства.

Расчет дополнительных затрат на расходные материалы формируются по следующей формуле:

$$Y_2 = N_w \cdot D_{extra} \cdot C_{cons} \cdot k_{complex}, \quad (3)$$

где N_w - количество рабочих;

D_{extra} - стоимость расходных материалов на одного рабочего;

C_{cons} - дополнительные дни работ;

$k_{complex}$ - коэффициент сложности проекта.

Коэффициент сложности проекта учитывает влияние организационно-технологических особенностей объекта, включая стесненность условий строительства, сложность логистики и специфику выполняемых работ.

В процессе строительства неизбежно возникают дополнительные объемы строительных отходов и затраты на вывоз мусора рассчитываются следующим образом:

$$Y_3 = V_{extra_waste} \cdot C_{waste} \cdot k_{complex}, \quad (4)$$

где V_{extra_waste} - дополнительный объем строительного мусора;

C_{waste} - стоимость вывоза единицы объема строительного мусора;

$k_{complex}$ - коэффициент сложности проекта.

Также расходы появляются при транспорте техники:

$$Y_4 = 2 \cdot N_{extra_trips} \cdot L \cdot C_{del} \cdot N_m, \quad (5)$$

где N_{extra_trips} - Дополнительные рейсы техники;

L - Расстояние до объекта;

C_{del} - Транспортный тариф;

N_m - Количество единиц техники.

В процессе эксплуатации строительной техники возможно возникновение аварийных ситуаций и внеплановых ремонтов.

Расходы данной категории определяются по формуле:

$$Y_5 = N_{repair} \cdot C_{repair}, \quad (6)$$

где N_{repair} - Количество аварийных ремонтов;

C_{repair} - Стоимость одного ремонта.

Прочие внеплановые расходы.

К прочим затратам относятся:

- организационные расходы;
- дополнительные административные затраты;
- компенсационные выплаты;
- штрафы;
- внеплановые закупки материалов.

Для учета данной категории вводится коэффициент прочих расходов:

$$Y_6 = C_{misc}, \quad (7)$$

где C_{misc} - Прочие внеплановые расходы.

Разработанная модель позволяет оценивать влияние отдельных факторов на общую стоимость строительства и формировать различные сценарии реализации проекта.

Таблица 1. Основные параметры математической модели

№ п./п.	Обозначение	Параметр
1	X	Стоимость проекта
2	N_w	Количество рабочих
3	N_m	Количество единиц техники

№ п./п.	Обозначение	Параметр
4	L	Расстояние до объекта
5	D_{extra}	Дополнительные дни работ
6	$k_{weather}$	Коэффициент погодных условий
7	$k_{complex}$	Коэффициент сложности проекта

Источник: анализ автора

Для оценки риска проекта введен показатель относительных непредвиденных расходов:

$$p = \frac{Y_{real}}{X} \cdot 100\%, \quad (8)$$

На основании полученного значения выделены три уровня риска:

Таблица 2. Классификация сценариев

№ п./п.	Уровень непредвиденных расходов	Характеристика
1	$P \leq 3$	Низкий риск
2	$3 < P \leq 10$	Средний риск
3	$P > 10$	Высокий риск

Источник: анализ автора

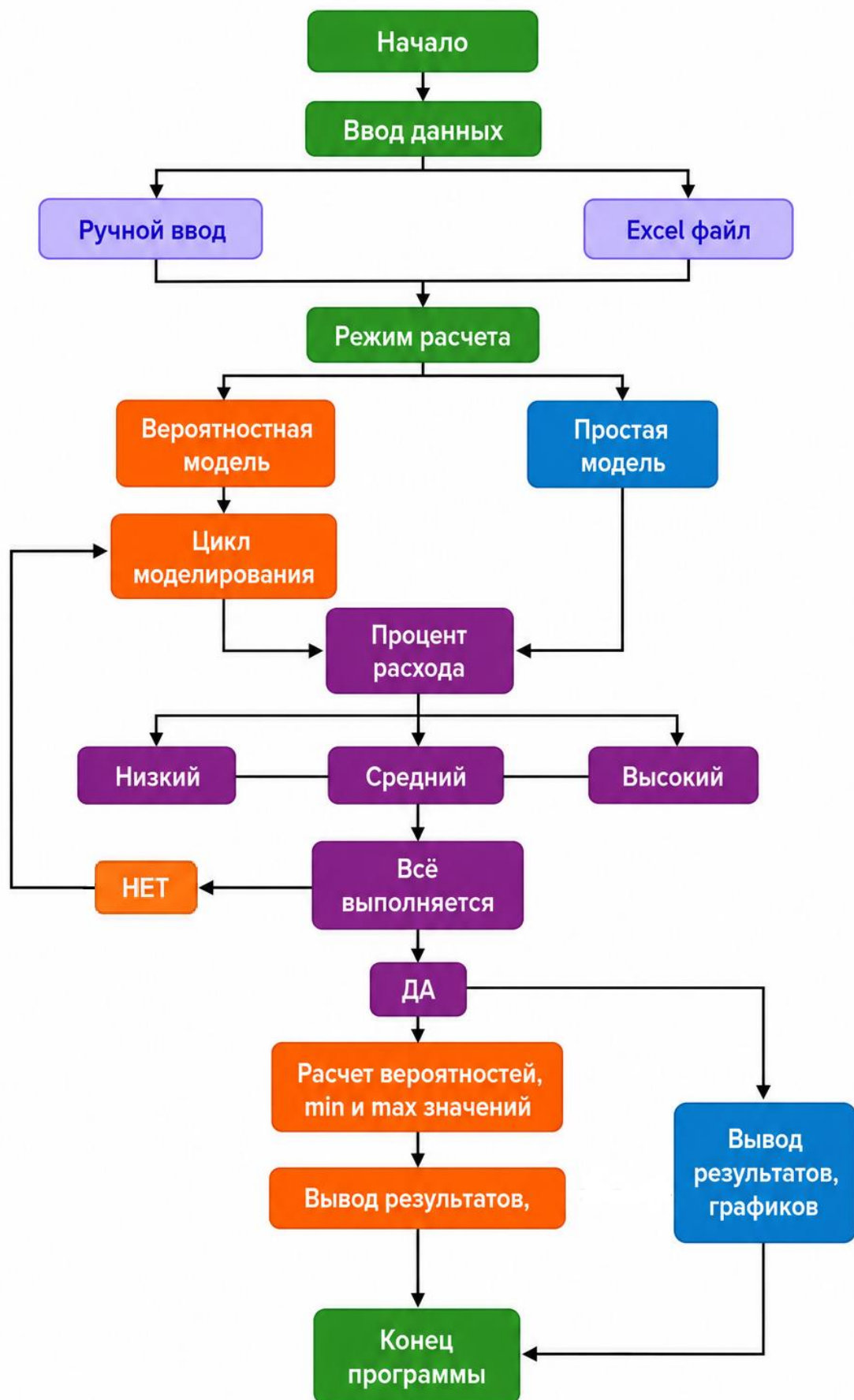


Рисунок 1 – Блок схема работы мат. модели

Проведенный сценарный анализ показал, что наибольшее влияние на величину дополнительных затрат оказывают увеличение сроков выполнения работ, транспортные расходы и внеплановые ремонты строительной техники.

Предлагаемая модель позволяет выполнять оперативную оценку рисков на этапе подготовки проекта и использовать результаты расчетов при принятии управленческих решений.

Выводы:

В результате проведенного исследования разработана математическая модель оценки непредвиденных затрат инвестиционно-строительных проектов административного назначения.

Установлено, что основными источниками дополнительных расходов являются организационно-технологические отклонения, логистические ограничения, неблагоприятные погодные условия и внеплановые ремонты строительной техники.

Предложенная модель позволяет учитывать совокупное влияние указанных факторов, прогнозировать величину непредвиденных расходов и классифицировать уровень риска реализации проекта.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разработанной модели на стадиях подготовки и реализации инвестиционно-строительных проектов для повышения точности планирования бюджета и минимизации финансовых рисков.

Литература:

1. Теличенко В.И. Технология строительных процессов. – М.: Высшая школа, 2021.
2. Лapidус А.А. Организационно-технологические решения в строительстве. – М.: АСВ, 2020.
3. Птухина И.С. Управление инвестиционно-строительными проектами. – СПб.: Политехника, 2022.

4. Flyvbjerg B. Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition. – Cambridge University Press, 2014.
5. Love P.E.D. Rework in Construction Projects. – Engineering Construction and Architectural Management, 2019.
6. PMBOK Guide. Project Management Institute. 7th Edition. – PMI, 2021.
7. ГОСТ Р 58771–2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска.
8. СП 48.13330.2019. Организация строительства.
9. Волков А.А. Экономика строительства. – М.: Инфра-М, 2021.
10. Гинзбург А.В. Управление стоимостью строительных проектов. – М.: АСВ, 2020.