

DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-7-90-98

Огнев И.А., *Толстикова В.С.*Иркутский национальный исследовательский технический университет***E-mail: vika_0883@inbox.ru*

КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ КАК ФАКТОР ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗАСТРОЙКИ ТЕРРИТОРИИ

Аннотация. Комплексное развитие территории (далее - КРТ) одно из самых главных направлений градостроительного развития регионов РФ.

В рамках КРТ критически важно обеспечить своевременный ввод объектов в эксплуатацию и минимизировать финансовые риски. Одним из ключевых факторов, влияющих на реализацию этих задач, является оптимальность графика финансирования, который напрямую зависит от выбранной последовательности возведения зданий и сооружений.

Традиционные методы планирования строительства часто носят эмпирический или технологически детерминированный характер, не учитывая в полной мере финансовую логику проекта. Неоптимальная последовательность возведения объектов порождает «рваный», непредсказуемый график капиталовложений. Это приводит к периодам острой нехватки ликвидности, вынуждающей к привлечению дорогих краткосрочных кредитов, и периодам неэффективного простоя капитала. Подобная неравномерность увеличивает финансовые риски, стоимость заёмных средств и напрямую угрожает финансовой устойчивости всего проекта.

Таким образом, возникает острая потребность в научно обоснованных инструментах, способных количественно оценить и оптимизировать логистику строительства с точки зрения финансовой эффективности. Критически важно сместить фокус с исключительно технологической последовательности работ на управление денежными потоками. Выбор такой последовательности возведения объектов внутри этапа КРТ, которая обеспечивает максимально сбалансированный, прогнозируемый и близкий к оптимальной модели график финансирования, становится не просто задачей календарного планирования, а ключевым рычагом для снижения совокупной стоимости проекта, минимизации рисков и гарантии своевременного ввода объектов в эксплуатацию.

Следовательно, разработка и внедрение методик, позволяющих на основе объективных данных (таких как статистический анализ распределения капиталовложений) определять оптимальную последовательность строительства, является практически значимой и актуальной задачей, направленной на повышение управляемости, финансовой прозрачности и общей эффективности комплексного освоения территорий.

Авторами предложена и проанализирована методика выбора оптимальной очередности строительства объектов внутриквартальной застройки на основе количественной оценки близости графика ежемесячных капиталовложений к нормальному (Гауссову) распределению.

Ключевые слова: комплексное развитие территории, внутриквартальная застройка, жизненный цикл, продолжительность строительства, оптимизация, математическое моделирование.

Введение. По официальным статистическим данным Министерства строительства Российской Федерации, в настоящий период комплексному развитию подлежат территории общей численностью 648 участков, расположенных в 76 регионах нашей страны. Общая площадь указанных территорий составляет внушительные 15,6 тысяч гектаров, обладающих значительным градостроительным потенциалом. Данный потенциал оценивается специалистами примерно в 108 миллионов квадратных метров возможных площадей, из которых около 78,4 миллиона квадратных метров отведены непосредственно под строительство жилья.

Комплексное развитие территорий является важным инструментом повышения качества

жизни россиян, обеспечивая комфортные условия проживания и повышая привлекательность регионов для инвесторов и жителей. Программа направлена на устранение диспропорций в развитии городских агломераций, повышение эффективности использования земель и улучшение экологической обстановки в городах. Она способствует формированию современной комфортной городской среды, соответствующей высоким стандартам качества жизни и перспективам инновационного городского развития.

Успешная реализация КРТ предполагает не только создание качественной и комфортной городской среды, но и соблюдение жестких финансово-экономических параметров проектов. В этом контексте критически важными задачами являются обеспечение своевременного

ввода объектов в эксплуатацию и минимизация финансовых рисков, напрямую влияющих на устойчивость и рентабельность всего проекта.

Одним из фундаментальных, но зачастую недооцененных факторов, определяющих успех КРТ, является логистика строительства, а именно – последовательность возведения зданий и сооружений внутри выделенной территории. Традиционные подходы к планированию, базирующиеся преимущественно на технологических и организационных ограничениях (очередность инженерной подготовки, доступность техники, логистика материалов), зачастую игнорируют финансовую составляющую. Следствием этого становится формирование неоптимального, «рваного» графика капитальных вложений, характеризующегося резкими, непредсказуемыми пиками и провалами денежных оттоков.

Подобная неравномерность порождает существенные системные риски: периоды острой нехватки ликвидности вынуждают застройщика привлекать дорогостоящие краткосрочные кредитные ресурсы, а периоды неэффективного проста капитала снижают общую отдачу на инвестиции. В конечном счете, это приводит к росту совокупной стоимости проекта, повышению его зависимости от конъюнктуры финансового рынка и создает прямую угрозу срыва установленных сроков.

Целью настоящего исследования является разработка методики количественного обоснования выбора оптимальной последовательности строительства объектов в рамках КРТ на основе анализа и оптимизации профиля капиталовложений. В качестве целевого ориентира (идеальной модели) предлагается использовать нормальный (Гауссов) закон распределения, характеризующийся плавным наращиванием и снижением финансовой нагрузки.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Обоснование применения нормального распределения в качестве гипотетической модели оптимального графика финансирования строительства.

2. Разработка алгоритма сравнительной оценки различных вариантов очередности строительства на основе статистических критериев согласия (критерий Пирсона χ^2) и тесноты связи (индекс корреляции r) между эмпирическим и гипотетическим распределениями затрат.

3. Апробация предложенной методики на примере моделирования очереди строительства, состоящей из трех объектов внутриквартальной застройки, с последующим выбором оптимального варианта.

Несвоевременный ввод объектов КРТ способен серьезно нарушить общую стратегию пространственного планирования регионов Российской Федерации, став причиной значительного отклонения от заданных целей и приоритетов развития городов и населённых пунктов. Так как комплексное освоение земель представляет собой важнейший инструмент реализации стратегических инициатив правительства, направленный на повышение качества городской среды, обеспечение комфортной и безопасной жизнедеятельности населения, стимулирование социально-экономического роста и привлечение инвестиций.

Для предотвращения негативных последствий задержки ввода объектов КРТ необходимы эффективные меры управленческого характера, включая разработку комплексных механизмов мониторинга хода реализации проекта, улучшение взаимодействия государственных структур и частных компаний-застройщиков, совершенствование законодательной базы и формирование прозрачной системы контроля за соблюдением сроков строительства и внедрения инновационных технологий.

При разработке проектов организации строительства и осуществлении строительства не учитывается ряд факторов, возникающих в условиях реализации плановых зданий. Мало уделяется внимания поиску эффективных решений и проработке вопросов оптимальной последовательности внутриквартальной застройки жилых домов, в целях сокращения строительства и оптимального распределения капиталовложений [1].

Математическое моделирование формирования оптимальной последовательности внутриквартальной застройки жилых домов на этапе строительства за счет минимизации технологических перерывов, влияющих на общую продолжительность строительства, авторы рассмотрели в статьях [2–5].

Материалы и методы. Каждый вариант последовательности возведения объектов внутриквартальной застройки на строительной стадии жизненного цикла проекта формирует уникальный график капитальных вложений. Этот график является финансовой проекцией календарного плана и выступает ключевым входным параметром для управления денежными потоками и оценки экономической устойчивости проекта [6–8].

В контексте задач комплексного развития территорий финансовое планирование, централизованное на управлении инвестиционными затратами, выходит на первый план. Его цель — не просто распределение ресурсов, а оптимизация профиля оттока денежных средств во времени.

Корректный выбор последовательности строительства объектов позволяет трансформировать технологический график в финансовый план, минимизирующий риски кассовых разрывов и стоимость привлекаемого капитала, что напрямую влияет на рентабельность всего предприятия [9].

Таким образом, задача сводится к выбору такой последовательности, при которой график капиталовложений наиболее соответствует критериям финансовой эффективности. Критически важным аспектом здесь становится оценка равномерности распределения затрат по временным интервалам. Анализ этой равномерности позволяет:

- Выявить периоды повышенной финансовой нагрузки («пики» инвестиций), угрожающие ликвидности и требующие дорогостоящего кредитования;
- Определить периоды неэффективного использования капитала («провалы» в инвестициях);
- Количественно оценить степень финансового риска, индуцированного календарным планом;
- Сравнить различные варианты организации строительства по единому финансово-ориентированному критерию [10, 11].

Для количественной оценки равномерности (или степени близости к оптимальному профилю) капиталовложений применяются методы математической статистики и анализа временных рядов. Наиболее релевантными инструментами являются:

- Расчет моментов распределения: дисперсии и коэффициента вариации, характеризующих разброс затрат вокруг среднего уровня;

– Статистические критерии согласия (например, χ^2 -Пирсона), позволяющие проверить гипотезу о соответствии эмпирического распределения затрат теоретическому целевому распределению;

– Корреляционный анализ для оценки тесноты связи фактического и модельного графиков финансирования;

– Визуализация и сценарное моделирование, обеспечивающие наглядность анализа и оценку устойчивости выбранного варианта к изменениям внешних условий.

На основании вышеизложенного, научная новизна исследования заключается в формализации задачи выбора последовательности строительства как задачи статистической оптимизации, где критерием эффективности служит степень близости реального графика платежей к теоретически сбалансированной модели, а не только минимизация сроков или технологических разрывов.

Практическая значимость работы состоит в предоставлении проектным менеджерам, девелоперам и финансистам конкретного инструмента для анализа и снижения финансовых рисков на этапе календарного планирования. Внедрение данной методики способно повысить управляемость, финансовую прозрачность и общую экономическую устойчивость проектов комплексного освоения территорий.

Основная часть. На рисунке 1 представлена гистограмма распределения ежемесячных капиталовложений на период строительных работ для одной очереди строительства объектов внутриквартальной застройки и аппроксимирующие кривые распределения доли капиталовложений.

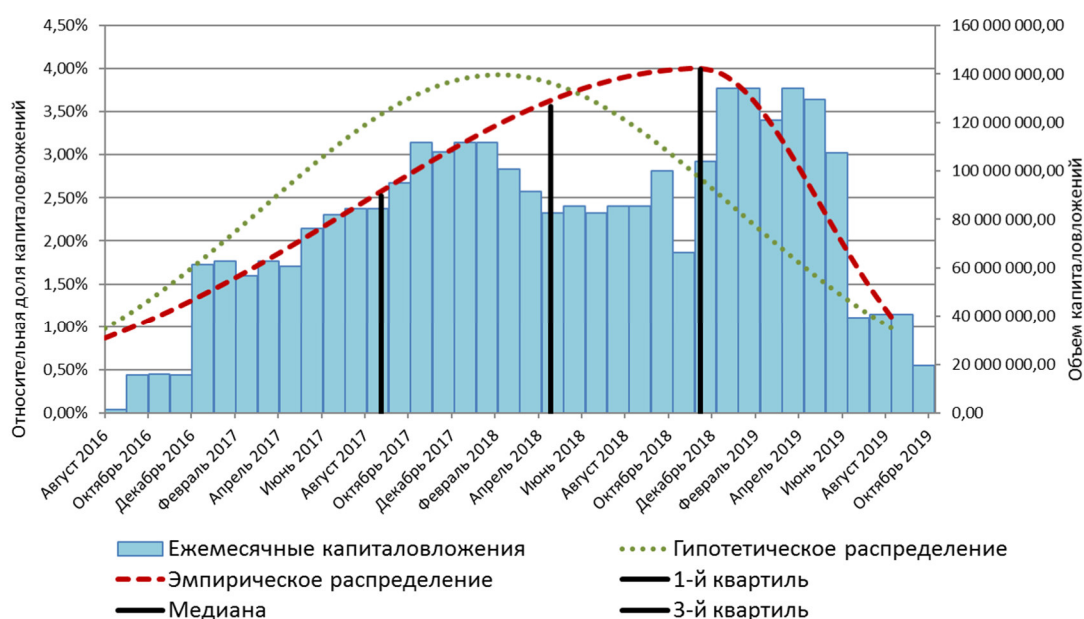


Рис. 1. Диаграмма распределения объема ежемесячных капиталовложений одной очереди строительства из 3-х объектов внутриквартальной застройки

По оси абсцисс отложены временные интервалы (месяцы) периода строительства, по оси ординат: для гистограммы – объем капиталовложений, руб./месяц; для аппроксимирующих кривых – доля капиталовложений, %/месяц.

Анализируя представленную на рисунке 1 гистограмму, мы можем сделать предположение о характере распределения объемов ежемесячных капиталовложений. Форма графика напоминает колоколообразную кривую, что характерно для нормального закона распределения. Это означает, что большинство значений сосредоточено вокруг среднего уровня, а отклонения от него уменьшаются в обе стороны.

Для подтверждения или опровержения нашего предположения целесообразно провести сопоставление двух распределений: реального (эмпирического) и теоретически ожидаемого (гипотетического). Эмпирическое распределение отражает фактические данные, полученные в результате наблюдений и измерений, тогда как гипотетическое представляет собой математическую модель, построенную исходя из предположения о нормальном законе распределения.

Процедура сравнения заключается в сопоставлении выравнивающей кривой эмпирического распределения и кривой гипотетического распределения. Чем теснее друг к другу расположены эти две линии, тем ближе эмпирическое распределение к гипотетическому, т.е. к нормаль-

ному. Если же наблюдается значительное расхождение, это свидетельствует либо о неверности исходного предположения, либо о наличии факторов, искажающих нормальное распределение.

Таким образом, использование метода графического анализа совместно с формальным статистическим тестом позволит нам принять обоснованное решение относительно характера распределения ежемесячных капиталовложений и выбрать адекватную стратегию дальнейших исследований и принятия решений.

Гипотетическая выравнивающая кривая распределения объема ежемесячных капиталовложений соответствует нормальному закону распределения объема ежемесячных капиталовложений с математическим ожиданием $M(Q)$, приходящимся на дату середины продолжительности строительства a , и дисперсией s^2 .

Эмпирическая выравнивающая кривая распределения объема ежемесячных капиталовложений соответствует фактическому распределению объема ежемесячных капиталовложений с математическим ожиданием $M(Q)$, приходящимся на дату, соответствующую максимуму ежемесячных капиталовложений $\tilde{a}$, и дисперсией $\tilde{s}^2$.

На рисунке 2 указана диаграмма выравнивающих кривых для оптимального распределения капиталовложений одной очереди строительства из 3-х объектов внутриквартальной застройки, а на рисунке 3 диаграмма с не оптимальным вариантом.

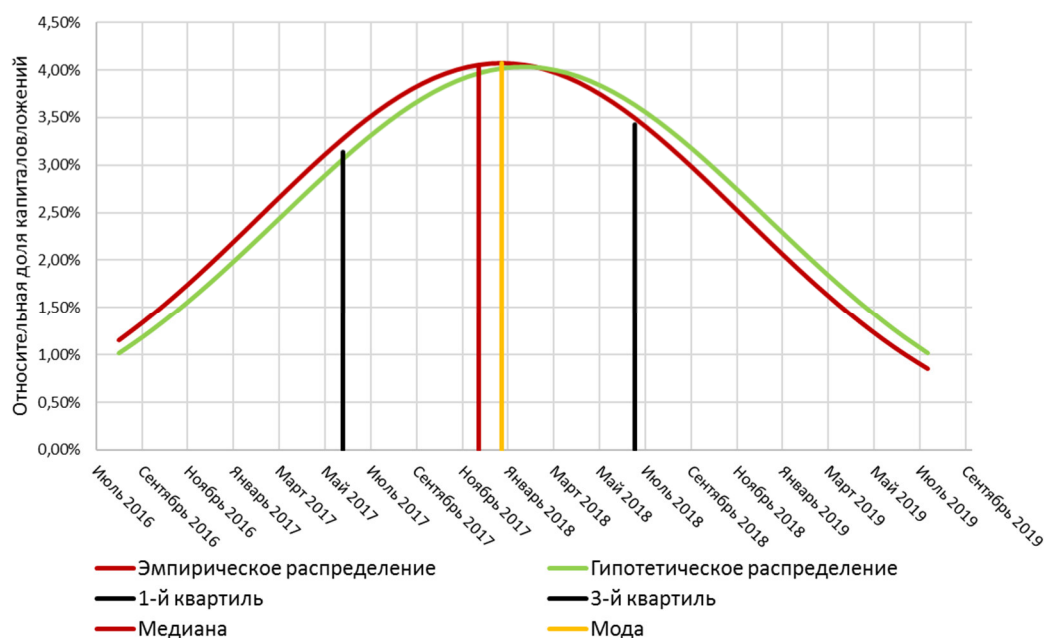


Рис. 2. Диаграмма выравнивающих кривых для оптимального распределения капиталовложений одной очереди строительства из 3-х объектов внутриквартальной застройки

В качестве меры расхождения эмпирического и гипотетического распределения используем критерий Пирсона χ^2 который позволяет оценить зна-

чимось различий между эмпирическим (фактическим) и гипотетическим (теоретическим) распределением объемов ежемесячных капиталовложений, выявленных в результате исследования.

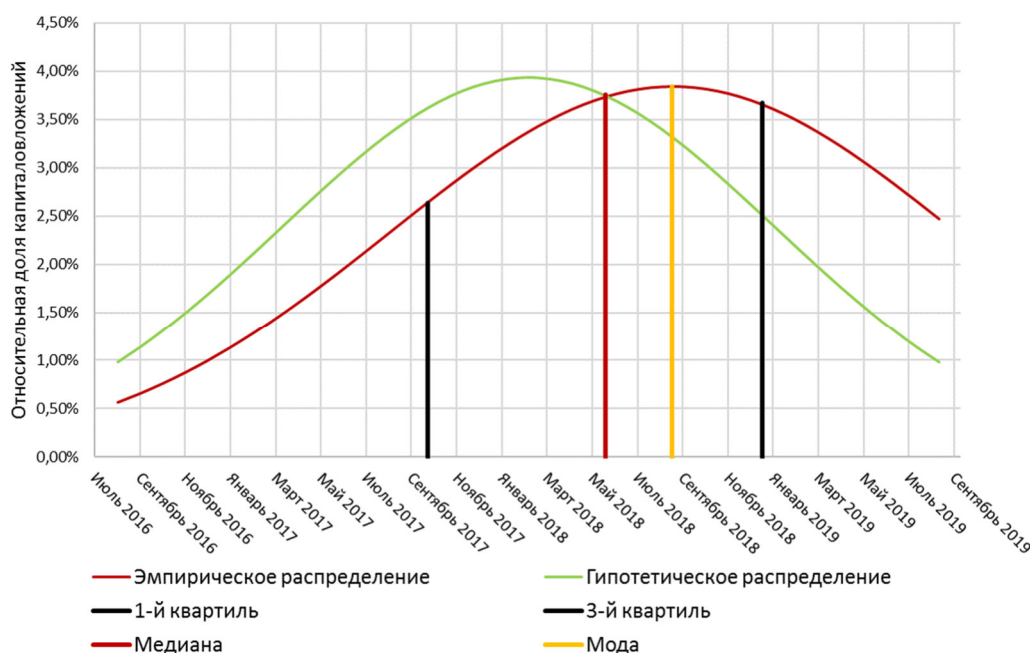


Рис. 3. Диаграмма выравнивающих кривых для неоптимального распределения капиталовложений одной очереди строительства из 3-х объектов внутриквартальной застройки

Как известно, если значение эмпирической статистики не превосходит теоретического $\chi^2_{\text{эмфир}} \leq \chi^2_{\text{теор}}$, то гипотеза о нормальном распределении принимается на заданном уровне значимости.

Наряду с данным критерием авторами предлагается использовать индекс корреляции r который является полноценным показателем тесноты связи между эмпирическим и теоретическим распределением объема ежемесячных капиталовложений.

При анализе формирования последовательности объектов внутриквартальной застройки было установлено, что для оптимальной очередности строительства критерий Пирсона $\chi^2_{\text{эмфир}}$

стремится к наименьшему значению, а индекс корреляции r стремится к единице.

На рисунке 4 показаны диаграммы вариантов, ранжированных по критерию Пирсона $\chi^2_{\text{эмфир}}$ и по индексу корреляции эмпирического и гипотетического распределения r , для шести вариантов последовательности возведения одной очереди строительства внутриквартальной застройки, состоящей из трех объектов. Сравнение диаграмм позволяет выбрать вариант с максимальным значением индекса r , при этом критерий Пирсона подтверждает соответствие выбранного варианта распределения объема ежемесячных капиталовложений нормальному закону.

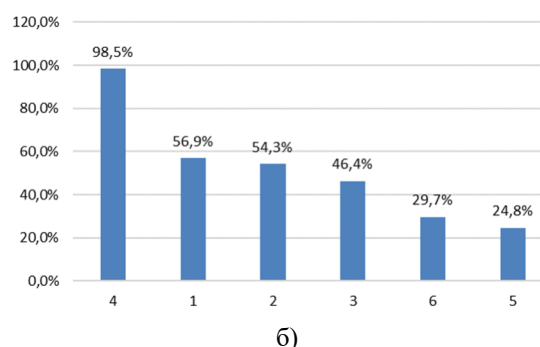
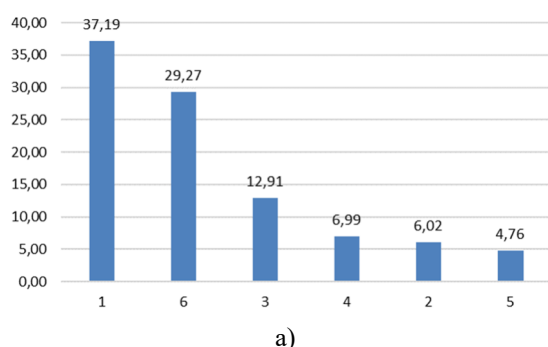


Рис. 4. Диаграмма ранжированных вариантов: а) по критерию Пирсона $\chi^2_{\text{эмфир}}$; б) по индексу корреляции эмпирического и гипотетического распределения r

Выводы. Оптимальным вариантом последовательности возведения объектов внутриквартальной застройки был выбран вариант №4 с индексом корреляции $r=98,5\%$, при этом $\chi^2_{\text{эмфир}} = 6,99 \leq \chi^2_{\text{теор}} = 49,8$.

Диаграмма распределения капиталовложений для данного варианта приведена рисунке 5.

Критерий Пирсона представляет собой мощный инструмент проверки статистических гипотез, позволяющий оценить степень соответствия

предположенной модели распределения наблюдаемым данным. Применение критерия Пирсона к исследованию ежемесячного объема капиталовложений при возведении объектов внутриквар-

тальной застройки показало, что допущение нормального закона распределения этих объемов вполне согласуется с эмпирически собранными результатами исследований.

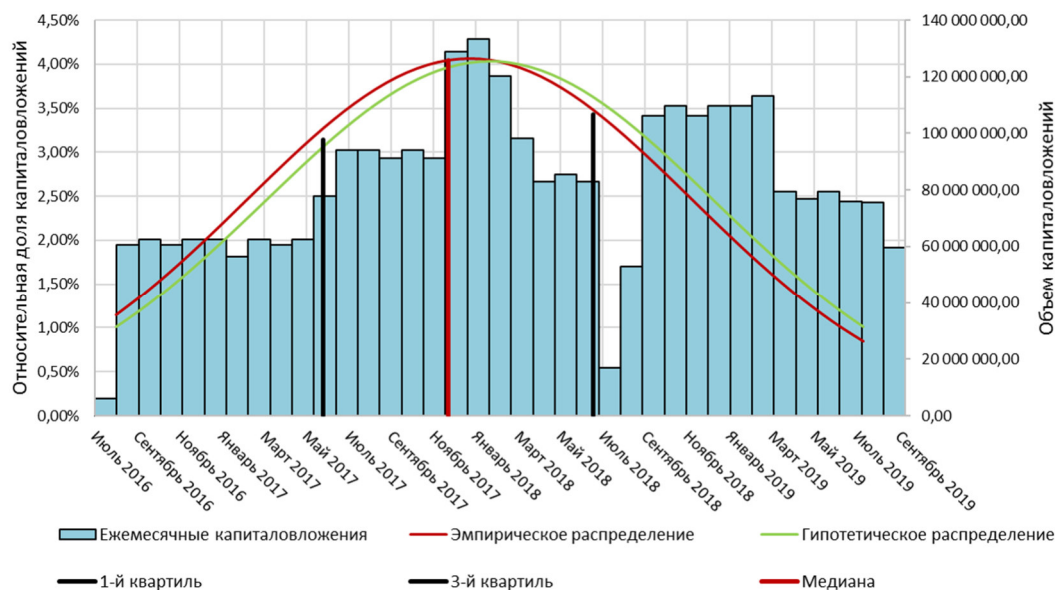


Рис. 5. Диаграмма распределения капиталовложений для оптимального варианта

Дополнительным методом, позволяющим сравнивать варианты построения моделей распределения капиталовложений, является ранжирование этих вариантов по индексу корреляции r . Чем ближе значение индекса корреляции к единице, тем точнее гипотеза описывает поведение реальных процессов и соответственно точнее строятся прогнозы. Ранжируя варианты таким образом, авторы предлагают выбирать тот вариант, у которого выравнивающая кривая эмпирического распределения максимально приближена к аналогичной кривой теоретического распределения.

Оптимизация ежемесячных объемов инвестируемых средств способствует рациональному управлению финансовыми ресурсами застройщика, сокращению временных рамок строительства и увеличению доходности проекта. Использование соответствующих инструментов анализа снижает вероятность существенных отклонений фактических расходов от запланированных бюджетов, улучшает контроль за качеством выполняемых работ и увеличивает общую эффективность инвестиционного процесса [12, 13].

Рациональный подход к инвестициям позволяет снизить общие затраты на строительство, минимизировать процентные расходы по кредитам и ускорить получение прибыли от сдачи объекта в эксплуатацию. Все это непосредственно влияет на рост рентабельности проекта и увеличение чистой прибыли застройщика [14, 15].

Таким образом, проведенное исследование подтвердило принципиальную возможность и практическую значимость применения статистических методов для оптимизации последовательности строительства объектов в рамках комплексного развития территорий с точки зрения управления денежными потоками.

На основе анализа сформулированы следующие ключевые выводы:

1. Смещение фокуса планирования. Установлено, что переход от исключительно технологически детерминированного планирования к финансово-ориентированному является необходимым условием повышения экономической устойчивости проектов КРТ. Оптимальная последовательность возведения объектов должна определяться не только логикой производства работ, но и критериями минимизации финансовых рисков, связанных с неравномерностью капитальных вложений.

2. Формализация целевого состояния. В качестве эффективной количественной модели (идеального профиля), к которой должен стремиться график финансирования строительной очереди, предложено нормальное (Гауссово) распределение. Данная модель характеризует сбалансированный график с плавным нарастанием и снижением финансовой нагрузки, что способствует снижению пиков потребности в ликвидности и стоимости заемного капитала.

3. Разработка и апробация методики. Предложена двухэтапная методика выбора оптимальной последовательности, основанная на:

– Критерии согласия Пирсона (χ^2), выполняющем роль статистического фильтра для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения затрат нормальному закону.

– Индексе корреляции (r), выступающем в качестве основного оптимизационного критерия, который количественно оценивает степень близости формы фактического графика финансирования к идеальной кривой.

4. Практическая верификация. Апробация методики на примере очереди строительства из трех объектов внутриквартальной застройки продемонстрировала ее работоспособность. Было проанализировано шесть возможных последовательностей. Оптимальным признан вариант №4, для которого индекс корреляции эмпирического распределения с гипотетическим нормальным составил $r = 98,5\%$, а значение критерия Пирсона ($\chi^2_{\text{эмфир}} = 6,99$) подтвердило незначимость отклонений от теоретической модели на заданном уровне значимости.

5. Практическая значимость. Разработанный подход предоставляет проектным менеджерам и девелоперам конкретный, формализованный инструмент для:

– Сравнительной оценки различных сценариев календарного планирования по финансовому критерию.

– Обоснования решений по очередности строительства с целью сглаживания графика платежей.

– Проактивного управления рисками ликвидности и сокращения совокупной стоимости финансирования проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олейник П.П. Организация строительного производства: подготовка и производство строительно-монтажных работ. М.: МИСИ – МГСУ, 2020. 96 с.

2. Толстикова В.С. Математическое моделирование формирования оптимальной последовательности внутриквартальной застройки жилых домов на этапе строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2024. №1. С. 122–126.

3. Ширшиков Б.Ф., Степанова, В.С., Славин, А.М., Михеев, С.О. Минимизация продолжительности возведения объектов на основе использования информационно-динамических сетевых моделей // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №2. С. 89–94.

4. Ширшиков Б.Ф., Огнёв, И.А., Степанова, В.С. Анализ финансирования при оптимальной последовательности квартальной застройки жилых домов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №12. С. 63–67.

5. Ширшиков Б.Ф., Огнёв, И.А., Степанова, В.С. Методика графической оценки и анализа оптимальной последовательности квартальной застройки жилых домов // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №10. С. 47–51.

6. Федосов, С.В., Опарина, Л.А., Карасев, И.С., Петрухин, А.Б., Федосеев, В.Н., Маилян, А.Л. Исследование понятия факторов организационно-технологической надежности строительно-монтажных работ // Вестник Поволжского государственного технологического университета. 2021. №1. С. 70–80.

7. Олейник П.П. Организация, планирование, управление и экономика строительства. Терминологический словарь. М.: Изд-во АСВ, 2016. 320 с.

8. Баринев В.А. Организационное проектирование. М.: ИНФРА-М, 2019. 384 с.

9. Шафранова А.А., Коклюгина, Л.А., Коклюгин, А.В. Варианты определения продолжительности на основе влияния внешних факторов // Известия КГАСУ. 2013. №4 (26). С. 262–267.

10. Киевский Л.В. Комплексность и поток: (Организация застройки микрорайона). М.: Стройиздат, 1987. 136 с.

11. Ахтулов А.Л., Ахтулова Л.Н., Стадольская Т.И. Использование карт потока создания ценности как средство постоянного улучшения деятельности организации // Омский научный вестник. 2013. №5 (122). С. 40–46.

12. Мищенко В.Я., Преображенский М.А., Добросоцких М.Г. Оптимизация календарного плана строительного производства на основе учета пространственно-технологических связей // Безопасность критичных инфраструктур и территорий. Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур – Safety 2018: сборник статей. 2018. С. 164–172.

13. Малкин М.М. Оптимизация графиков движения рабочих в календарных планах методом вариации ресурсных профилей: Автореферат диссертации кандидата технических наук.

14. Ширшов Е.В. Финансовая математика. М.: КНОРУС, 2010. 144 с.

15. Лысенко Д.В. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности. М.: ИНФРА-М, 2013. 320 с.

Информация об авторах

Огнёв Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики Института информационных технологий и анализа данных им. Е.И. Попова. E-mail: ognev@istu.edu, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Толстикова Виктория Сергеевна, старший преподаватель кафедры «Строительное производство», Институт архитектуры, строительства и дизайна. E-mail: vika_0883@inbox.ru. ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Поступила 28.10.2025 г.

© Огнев И.А., Толстикова В.С., 2026

Ognev I.A., *Tolstikova V.S.

Institute of Architecture, Construction and Design

**E-mail: vika_0883@inbox.ru*

CAPITAL INVESTMENTS AS A FACTOR OF OPTIMAL CONSTRUCTION SEQUENCE IN TERMS OF AREA DEVELOPMENT

Abstract. Comprehensive development of territories (hereinafter referred to as CDT) is one of the most important areas of urban development in the Russian Federation.

In the context of CDT, it is crucial to ensure the timely commissioning of facilities and minimize financial risks. One of the key factors influencing the implementation of these tasks is the optimality of the funding schedule, which directly depends on the chosen sequence of building and constructing facilities.

Traditional construction planning methods are often empirical or technologically deterministic, failing to fully consider the financial logic of the project. The suboptimal sequence of construction leads to a "ragged" and unpredictable capital investment schedule. This results in periods of acute liquidity shortages, necessitating the use of expensive short-term loans, and periods of inefficient capital idle time. This unevenness increases financial risks, the cost of borrowing, and directly threatens the financial sustainability of the entire project.

Thus, there is an urgent need for scientifically based tools that can quantify and optimize construction logistics from the perspective of financial efficiency. It is crucial to shift the focus from the technological sequence of work to the management of cash flows. The choice of a sequence of construction within the CDM phase that ensures a balanced, predictable, and optimal funding schedule becomes not just a task of scheduling but a key lever for reducing the total cost of the project, minimizing risks, and guaranteeing the timely commissioning of facilities.

Therefore, the development and implementation of methods that allow for the determination of the optimal construction sequence based on objective data (such as statistical analysis of capital investment distribution) is a practically significant and relevant task aimed at improving the manageability, financial transparency, and overall efficiency of integrated development of territories.

The authors have proposed and analyzed a method for selecting the optimal order of construction of intra-quarter development projects based on a quantitative assessment of the closeness of the monthly capital investment graph to a normal (Gaussian) distribution.

Keywords: integrated development of the territory, intra block development, life cycle, construction project duration, optimization, mathematical modeling.

REFERENCES

1. Oleynik P.P. Organization of Construction Production: Preparation and Execution of Building and Installation Works [Organizaciya stroitel'nogo proizvodstva: podgotovka i proizvodstvo stroitel'no-montaznykh rabot]. Moscow: MISI-MGSU Publ, 2020. 96 p. (rus)

2. Tolstikova V.S. Mathematical Modeling of Formation of Optimal Sequence of Intra-block Housing Development at the Stage of Construction [Matematicheskoe modelirovanie formirovaniya optimal'noj posledovatel'nosti vnutrikvartal'noj zastroyki zhilykh domov na etape stroitel'stva]. Industrial and Civil Engineering. 2024. No. 1. Pp. 122–126. (rus)

3. Shirshikov B.F., Stepanova V.S., Slavin A.M., Mikheev S.O. Minimization of Duration of

Objects Erection Based on Use of Information-dynamic Network Models [Minimizaciya prodolzhitel'nosti vozvedeniya ob'ektov na osnove ispol'zovaniya informacionno-dinamicheskikh setevykh modelej]. Industrial and Civil Engineering. 2016. No. 2. Pp. 89–94. (rus)

4. Shirshikov B.F., Ognev I.A., Stepanova V.S. Analysis of Financing with an Optimal Sequence of Quarter Residential Buildings Development [Analiz finansirovaniya pri optimal'noj posledovatel'nosti kvartal'noj zastroyki zhilykh domov]. Industrial and Civil Engineering. 2015. No. 12. Pp. 63–67. (rus)

5. Shirshikov B.F., Ognev I.A., Stepanova V.S. Methodology of Graphical Evaluation and Analysis of Optimal Sequence of Quarter Residential Buildings Development [Metodika graficheskoy ocenki i analiza optimal'noj posledovatel'nosti kvartal'noj

zastrojki zhilyh domov]. Industrial and Civil Engineering. 2014. No. 10. Pp. 47–51. (rus)

6. Fedosov S.V., Oparina L.A., Karasev I.S., Petrukhin A.B., Fedoseev V.N., Mailyan A.L. Study of Organizational-Technological Reliability Factors Concept of Construction Work [Issledovanie ponyatiya faktorov organizacionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'no-montazhnyh rabot]. Bulletin of Volga State Technological University. 2021. No. 1. Pp. 70–80. (rus)

7. Oleynik P.P. Organization, Planning, Management and Economics of Construction: Terminological Dictionary [Organizatsiya, planirovanie, upravlenie i ekonomika stroitel'stva. Terminologicheskij slovar']. Moscow: ASV Publishing House, 2016. 320 p. (rus)

8. Barinov V.A. Organizational Design [Organizacionnoe proektirovanie]. Moscow: INFRA-M Publ, 2019. 384 p. (rus)

9. Shafranova A.A., Koklyugina L.A., Koklygin A.V. Options for Determination of Duration Based on External Factors Influence [Varianty opredeleniya prodolzhitel'nosti na osnove vliyaniya vneshnih faktorov]. Izvestiya KRASU. 2013. No. 4 (26). Pp. 262–267. (rus)

10. Kievsky L.V. Complexity and Flow: Organization of Microdistrict Development [Kompleksnost' i potok: (Organizatsiya zastrojki mikrorajona)]. Moscow: Stroyizdat Publ, 1987. 136 p. (rus)

11. Akhtulov A.L., Akhtulova L.N., Stadolskaya T.I. Value Stream Mapping as a Tool for Continuous Improvement of Organizational Activity [Ispol'zovanie kart potoka sozdaniya cennosti kak sredstvo postoyannogo uluchsheniya deyatel'nosti organizatsii]. Omsk Scientific Bulletin. 2013. No. 5 (122). Pp. 40–46. (rus)

12. Mischenko V.Ya., Preobrazhensky M.A., Dobrosotskikh M.G. Optimization of Construction Schedule Based on Spatial-Technological Relationships Account [Optimizatsiya kalendarnogo plana stroitel'nogo proizvodstva na osnove ucheta prostanstvenno-tekhnologicheskikh svyazej]. Safety 2018: Collection of Articles. 2018. Pp. 164–172. (rus)

13. Malkin M.M. Optimization of Workers' Movement Schedules in Calendars by Variation of Resource Profiles [Optimizatsiya grafikov dvizheniya rabochih v kalendarnyh planah metodom variatsii resursnyh profilej]. Abstract of Candidate's Dissertation in Technical Sciences. (rus)

14. Shirshov E.V. Financial Mathematics [Finansovaya matematika]. Moscow: KNORUS Publ, 2010. 144 p. (rus)

15. Lyssenko D.V. Comprehensive Economic Analysis of Enterprise Activities [Kompleksnyy ekonomicheskij analiz hozyajstvennoj deyatel'nosti]. Moscow: INFRA-M Publ, 2013. 320 p. (rus)

Information about the author

Ognev, Igor A. PhD, Assistant professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Science at the E.I. Popov Institute of Information Technology and Data Analysis. E-mail: ognev@istu.edu. IRNTU, Russia, 664074, Irkutsk, St. Lermontov 83.

Tolstikova, Victoria S. Senior lecturer of the Department of "Construction Production", Institute of Architecture, Construction and Design. E-mail: vika_0883@inbox.ru. IRNTU, Russia, 664074, Irkutsk, St. Lermontov 83.

Received 28.10.2025

Для цитирования:

Огнев И.А., Толстикова В.С. Капитальные вложения как фактор оптимальной последовательности застройки территории // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 7. С. 90–98. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-7-90-98

For citation:

Ognev I.A., Tolstikova V.S. Capital investments as a factor of optimal construction sequence in terms of area development. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 7. Pp. 90–98. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-7-90-98