

На правах рукописи



Токарский Андрей Ярославович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА ГРАЖДАНСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАДЗОРНЫХ ПРОЦЕДУР**

05.02.22 – Организация производства (строительство)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Научный руководитель:

Толчий Дмитрий Владимирович,
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Молодин Владимир Викторович
доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технология
и организация строительства»
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный архитектурно-
строительный университет
(Сибстрин)»

Мотылев Роман Владимирович,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Организация
строительства»,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-
строительный университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону.

Защита состоится 1 апреля 2022 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д 212.355.01, при ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» по адресу: 153000, г. Иваново, Шереметевский проспект, д. 21, ауд. У-109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (www.ivgpu.com).

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., доцент



Л.А. Опарина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования определяется необходимостью разработки научно-методического обоснования объема надзорной нагрузки при формировании качества строительной продукции.

Под качеством строительной продукции подразумевается пригодность строительного объекта к использованию по установленному (проектному) назначению, с обязательным соблюдением действующих нормативных показателей функциональной (эксплуатационной) эффективности и надежности.

Формирование условий для обеспечения установленного качества строительных объектов различного функционального назначения невозможна без решения комплекса задач, связанных с системным анализом факторов, обеспечивающих организацию, управление, техническое (технологическое) и научное сопровождение, а также финансовую устойчивость строительства.

К настоящему времени получили распространение такие аспекты деятельности органов государственного надзора, которые связаны с формализованными (процедурными, правовыми) аспектами анализа формирования качества строительной продукции, прежде всего, соответствия состава и содержания проектной документации положениям действующей нормативно-правовой базы по строительству.

Функционирование органов государственного строительного надзора подразумевает активное взаимодействие со всеми участниками строительного производства (в особенности на этапе возведения строительных объектов) для обеспечения формирования строительной продукции установленного качества.

Усиление роли и эффективности надзорных мероприятий государственных органов является актуальной задачей для обеспечения формирования качества строительной продукции.

В диссертационной работе рассмотрена возможность повышения эффективности деятельности органов государственного надзора с точки зрения фокусировки их внимания на критических этапах строительства и снижения излишнего внимания к незначительным аспектам, которые не влияют на безопасность строительного объекта и не являются отклонением от проектной документации, с целью уменьшения количества проверок и чрезмерного воздействия государственного надзора в целом.

В свою очередь, это приведет к снижению производственных и непроизводственных трудозатрат государственного строительного надзора, количества отказов при оформлении заключений о соответствии (ЗОС), с одной стороны, а с другой – приведет к сокращению срока строительства благодаря отсутствию излишних предписаний от государственных надзорных органов, а значит, и отсутствию необходимости устранения этих незначительных несоответствий, в результате спокойной последовательной работы будет способствовать уменьшению числа критических дефектов до завершения строительства и, как следствие, повышению эффективности организации строительства гражданских объектов в целом.

В настоящее время формирование программы проверок государственным строительным надзором происходит на основании утвержденных ведомственных регламентов. Однако данные регламенты не конкретизируют количественные данные по проведению проверок, а также не определяют конкретные моменты возведения объектов, во время которых необходимо проводить надзорную процедуру с выездом на объект.

Кроме того, существующий регламент проведения проверок направлен на выявление отклонений от требований проектной документации и действующей нормативной документации и не носит направленности по предотвращению и недопущению появления критических дефектов при возведении зданий и сооружений.

Таким образом, необходимо разработать научно обоснованную методику проведения надзорных мероприятий, обеспечивающую формирование качественной строительной продукции.

Научно-техническая гипотеза состоит в предположении о возможности повышения эффективности организации строительного производства при возведении гражданских объектов посредством совершенствования надзорных процедур.

Целью исследования является совершенствование надзорных процедур при организации производственных процессов гражданского строительства на основе риск-ориентированного подхода.

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие согласующиеся и взаимосвязанные **задачи**:

1) провести обзор современных систем и методик проведения государственного строительного надзора при гражданском строительстве;

2) разработать концепцию системы строительного производства воздействия государственного строительного надзора на организацию производственных процессов гражданского строительства;

3) определить организационно-технические факторы осуществления ГСН, воздействующие на организацию производственных процессов гражданского строительства;

4) разработать математическую модель прогнозирования рисков на критических этапах организации производственных процессов гражданского строительства;

5) разработать методику совершенствования надзорных процедур при организации производственных процессов гражданского строительства, оптимизирующую работу государственных надзорных органов;

6) внедрить методику совершенствования надзорных процедур при организации производственных процессов гражданского строительства на объекте представителя.

В настоящей работе **объектом** изучения стали объекты гражданского строительства.

Для настоящего исследования **предметом** являются процедуры государственного надзора при организации производственных процессов гражданского строительства.

Научная новизна результатов состоит в следующем:

- 1) разработан подход к анализу организационно-технологических процессов строительного производства отличительной особенностью является применение риск-ориентированного подхода, что позволяет повысить эффективность организации строительства;
- 2) определены критические дефекты, влияющие на организацию производственных процессов гражданского строительства, на различных этапах проведения строительномонтажных работ, выявление и недопущение которых является основой деятельности органов государственного строительного надзора;
- 3) разработана математическая модель прогнозирования появления критических рисков на различных этапах строительства, учитывающая особенности строительства и позволяющая выполнить совершенствование надзорных процедур и обеспечить повышение эффективности организации строительства гражданских объектов за счет снижения излишних предписаний, связанных с устранением замечаний, и чрезмерного воздействия государственного строительного надзора;
- 4) создана методика проведения надзорных процедур, учитывающая критические неустраняемые дефекты, для повышения эффективности осуществления государственного строительного надзора с применением риск-ориентированного подхода, позволяющая оценить воздействие на организационно-технические процессы;
- 5) Предложен подход прогнозирования критических рисков на различных этапах строительства при совершенствовании надзорных процедур для повышения эффективности организации строительства гражданских объектов жилого назначения

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Создан алгоритм и разработан риск-ориентированный подход при анализе рисков организационно-технологических процессов строительного производства.
2. Определены организационно-технические факторы осуществления ГСН, воздействующие на организацию производственных процессов гражданского строительства.
3. Создана математическая модель прогнозирования рисков на критических этапах строительства, которая позволяет выполнить совершенствование надзорных процедур и обеспечить повышение эффективности организации строительства гражданских объектов за счет снижения излишних предписаний, связанных с устранением замечаний, и чрезмерного воздействия государственного строительного надзора.
4. Сформирована методика проведения риск-ориентированного подхода при осуществлении государственного строительного надзора, позволяющая снизить воздействие на организационно-технические процессы при сохранении качественных характеристик строительной продукции.
5. Выводы и рекомендации, сформулированные в ходе диссертационного исследования, использованы при формировании Региональной программы по строительству многоквартирных домов на территории Московской области.

Методология и методы исследования

В диссертационном исследовании были использованы результаты трудов отечественных и зарубежных ученых в области организации строительства: Лapidуса А. А., Гусакова А. А., Молодина В. В., Мотылева Р. В., Теличенко В. И., Гинзбурга А. В., Зеленцова В. Б., Топчего Д. В., M. Sepe, M. Pitt и др.

Методы исследований базируются на использовании вероятностного риск-ориентированного подхода для математико-статистической обработки данных, использовании корреляционно-регрессионного анализа и теории рисков.

Положения работы, выносимые на защиту

1. Концепция системного (системотехнического) подхода к определению свойств и состояний строительного объекта как результата управленческих воздействий органов государственного надзора на структурные элементы всей системы строительного производства.

2. Математическая модель прогнозирования рисков на критических этапах строительства, которая позволяет выполнить совершенствование надзорных процедур и обеспечить повышение эффективности организации строительства гражданских объектов за счет снижения излишних предписаний, связанных с устранением замечаний государственного строительного надзора.

3. Результаты определения прогнозирования рисков на критических этапах строительства при совершенствовании надзорных процедур для реального гражданского объекта капитального строительства жилого назначения.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность достигнутых научных результатов, теоретических разработок и практических рекомендаций подтверждается согласованностью полученных математических расчетов с теоретическими и практическими данными.

Результаты исследования внедрены в организациях: акционерном обществе «Холдинговая компания «СУИхолдинг»» и фонде «Московский фонд реновации жилой застройки». Основные результаты исследований, проведенных в рамках данной диссертационной работы, предложены для ознакомления и обсуждения в материалах 9 международных научно-практических и тематических конференций и форумов.

Публикации

По теме диссертации всего выпущено 11 статей в научных изданиях, входящих в действующий перечень российских рецензируемых научных журналов, в том числе 2 из списка рекомендованных ВАК Российской Федерации; 6 публикаций в научных изданиях, рецензируемых SCOPUS.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, двух приложений и списка использованной литературы. Работа включает 143 страницы основного текста, 46 рисунков, 4 таблицы, список литературы из 135 наименований и 1 приложение.

Содержание диссертационной работы соответствует п.п. 1,5,8,9 Паспорта специальности 05.02.22 - Организация производства (строительство).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлены актуальность темы исследования, цель и задачи, предмет и объект исследования, научная новизна результатов, а также положения работы, выносимые на защиту. Основное содержание работы изложено в четырех главах.

Первая глава включает обзор современных систем и методов проведения государственного строительного надзора при гражданском строительстве и постановку научной проблемы.

В диссертационном исследовании в качестве гражданских объектов рассмотрены (жилые здания, объекты здравоохранения (поликлиники, больницы), объекты образования (ДОУ, школы, музыкальные образовательные учреждения).

На рис. 1 выделены основные этапы (процессы) жизненного цикла (обязательные и возможные) формирования строительной продукции, для которых оценка соответствия показателей качества и функциональной эффективности (в том числе и обязательного характера) осуществляется в форме *государственного строительного надзора*.

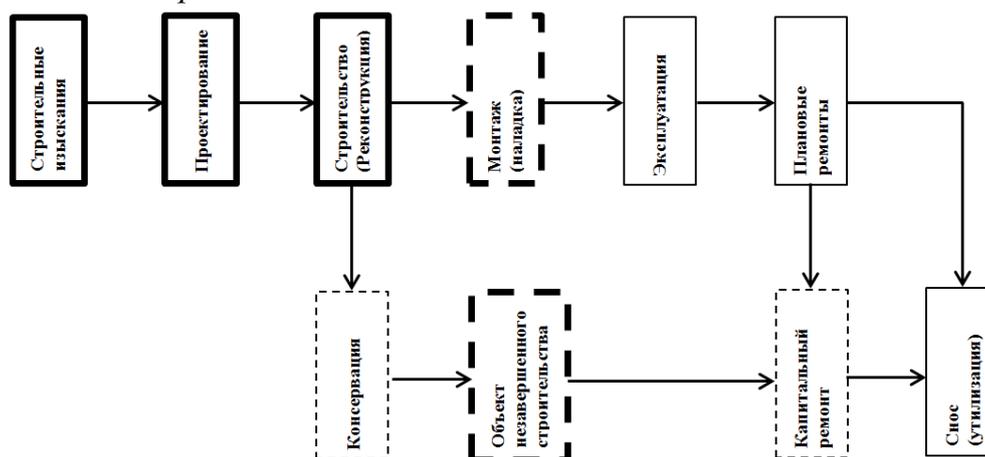


Рис. 1. Последовательность этапов (периодов) жизненного цикла объекта капитального строительства

Отмечено отсутствие целостного и системного подхода к методическому обоснованию количества и качества проверок соответствия как основного формата мероприятий при осуществлении государственного строительного надзора.

На рис. 2 представлена структурная схема, направленная на априорное выявление (идентификацию и моделирование) опасностей, связанных с применением риск-ориентированного подхода при оценке вероятных последствий проявлений различных нарушений и отклонений в ходе строительного производства.

Формирование групп исходных событий – опасностей, принимаемых при анализе рисков, – производится на основе наиболее консервативной оценки возможных последствий, инициированных одиночными негативными факторами и сочетаниями групп факторов.

Последствия проявлений негативных факторов наиболее просто и наглядно представляются в формате различного рода дефектов и повреждений конструктивных элементов (конструктивных систем) объектов капитального строительства.



Рис. 2. Структурная схема применения риск-ориентированного подхода при анализе рисков организационно-технологической надежности строительного производства

В качестве примера описания возможных дефектов в Таблице 1 приведены классификации дефектов и повреждений строительных конструкций по причинам и последствиям их проявлений.

Таблица 1 – Классификация дефектов строительных конструкций по периоду возникновения, сложности обнаружения и степени воздействия

Признаки	Характеристика дефектов конструкций
Период возникновения	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Просчеты на этапе изысканий и проектирования ▪ Нарушения в ходе строительного процесса
Сложность обнаружения	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Скрытые дефекты – при внешнем обследовании не обнаруживаются ▪ Явные дефекты – при внешнем осмотре легко обнаруживаются
Степень воздействия	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Не ведут к разрушению и ослаблению конструкции, достаточно профилактических и восстановительных мероприятий ▪ Не ведут к разрушению, но способствуют ослаблению конструкции, что потребует в дальнейшем мероприятий по ее усилению ▪ Ведут к ослаблению конструкции и, возможно, к разрушению или невозможности восполнимой потере функциональной эффективности

Основной количественной характеристикой проявления негативных факторов (групп негативных факторов) является частота или интенсивность их проявления как исходных событий при оценке рисков организационно-технологической надежности строительного производства.

Определена научная проблема и состоит в том, что в настоящее время формирование программы проверок государственным строительным надзором происходит на основании утвержденных ведомственных регламентов. Однако, данные регламенты не конкретизируют количественные данные по проведению проверок, а также не определяют конкретные моменты возведения объектов, во время которых необходимо проводить надзорную процедуру с выездом на объект.

Вторая глава включает методологические основы оценки воздействия государственного строительного надзора на организацию производственного процесса гражданского строительства.

Система (подсистема) государственного строительного надзора взаимосвязана с системами (подсистемами) *управления строительством и организации строительства* единой и целостной системой строительного производства.

В сложной системе (подсистеме) часто оказывается, что исправление принятого решения или адаптация к фактическим условиям строительной площадки требует гораздо больших затрат, чем содержание специалистов и технических подразделений системы (подсистемы) государственного строительного надзора. Именно по этой причине процесс *мониторинга* объекта капитального строительства целесообразно начинать с самых ранних периодов жизненного цикла.

На рис. 3 представлена схема иерархического взаимодействия между основными участниками строительного производства для обеспечения установленного уровня качества строительной продукции.

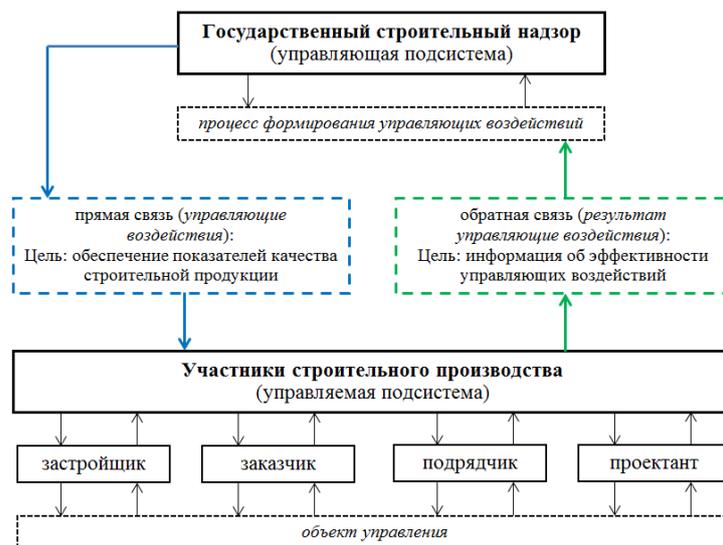


Рис. 3. Схема иерархического взаимодействия между основными участниками строительного производства для обеспечения качества строительной продукции

В приведенной структуре системы управления качество управляющих воздействий со стороны органов государственного надзора зависит от свойств (структуры, качественных и количественных параметров) самой управляющей системы. В значительном большинстве случаев процесс формирования управленческих решений (воздействий) сопровождается наличием неопределенности в исходных данных и динамической изменчивостью показателей состояния объекта управления.

Наличие в достаточном объеме доступной, актуализированной и достоверной информации о фактическом состоянии системы строительного производства и ее отдельных структурных элементов является необходимой основой для выработки рациональных управленческих решений (воздействий) для формирования

установленного качества строительной продукции всеми участниками строительного производства.

Системный подход к сбору и хранению информации, прежде всего, посредством формирования соответствующих баз данных и алгоритмов их анализа, позволяет обеспечить доступность к верифицированным и актуализированным информационным потокам, необходимым для осуществления инвестиционной, градостроительной, землеустроительной деятельности с учетом различных групп заинтересованных лиц (органов, структур, организаций).

Третья глава включает основные положения по разработке математической модели прогнозирования рисков на критических этапах гражданского строительства.

Элементами анализа производственных процессов государственного строительного надзора (ГСН) являются исключительно виды работ, влияющие на безопасность производства работ и последующую безопасную эксплуатацию объекта.

Статистические данные делятся на категории (группы) абсолютных и относительных показателей. К категории абсолютных относятся зафиксированные за определенный период времени статистические показатели следующих видов: «количество повреждений», «количество отклонений от проектного положения» или «количество нарушений организационно-технологической последовательности строительства».

В качестве исходных данных были собраны и проанализированы 1176 проверок. Полученные результаты проверок в виде выявленных дефектов были классифицированы на категории (малозначительные, значительные, критические). Перечень дефектов изложен в Приложение 1.

Возникновение данных дефектов фактически является риском нарушений требований проектной и нормативной документации. При этом, выявление и контроль за категориями малозначительные и значительные дефекты лежат в профессиональной плоскости строительного контроля и авторского надзора.

Исходные статистические данные относительно выявленных проявлений дефектов конструктивных элементов строительных объектов приведены в Таблице 2.

Для исследования и обработки статистических данных о количестве проявлений дефектов конструктивных элементов строительного объекта применен *корреляционно-регрессионный* анализ, методику которого применяют в решении задач при планировании, прогнозировании и анализе в различных сферах народного хозяйства.

Таблица 2 – Статистические данные о количестве проявлений дефектов конструктивных элементов строительного объекта

Категория дефектов	Количество проявлений дефектов по структурным элементам системы строительного производства						Суммарное количество по категориям дефектов
	Этап земляных работ – экскавация нижнего слоя грунта (подчистка дна котлована)	Устройство фундаментного основания	Устройство конструкций на отметке 0,000	Строительство надземной части здания	Устройство внутренних и наружных инженерных коммуникаций	Заключительный период, благоустройство и сдача объекта в эксплуатацию	

Малозначительные	210	22	10	219	101	15	577
Значительные	22	11	8	124	68	8	241
Критические	11	5	7	92	56	5	176
Сумма дефектов по элементам ССП	243	38	25	435	225	28	994

На основании данных Таблицы 2 с применением прикладного пакета MS Office «Excel» и графического метода были построены математические модели критических этапов строительства для повышения эффективности государственного строительного надзора.

Результаты распределения и построения математических моделей критических этапов строительства для этапа земляных работ – нулевого цикла – в целях повышения эффективности государственного строительного надзора приведены на рис. 4.

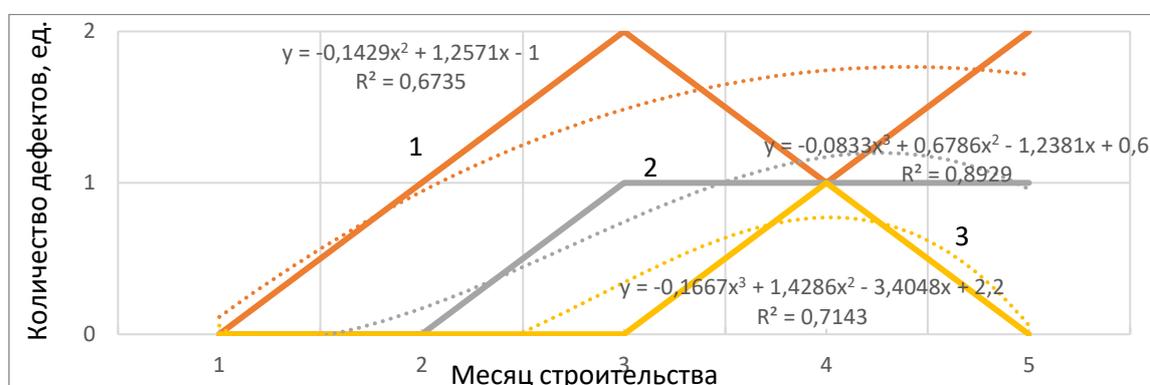


Рис. 4. Распределение и математические модели критических этапов строительства для этапа земляных работ – нулевого цикла: 1 – малозначительные дефекты; 2 – значительные дефекты; 3 – критические дефекты

Результаты распределения и построения математических моделей критических этапов строительства на основном этапе при устройстве надземной части здания для повышения эффективности государственного строительного надзора приведены на рис. 5.

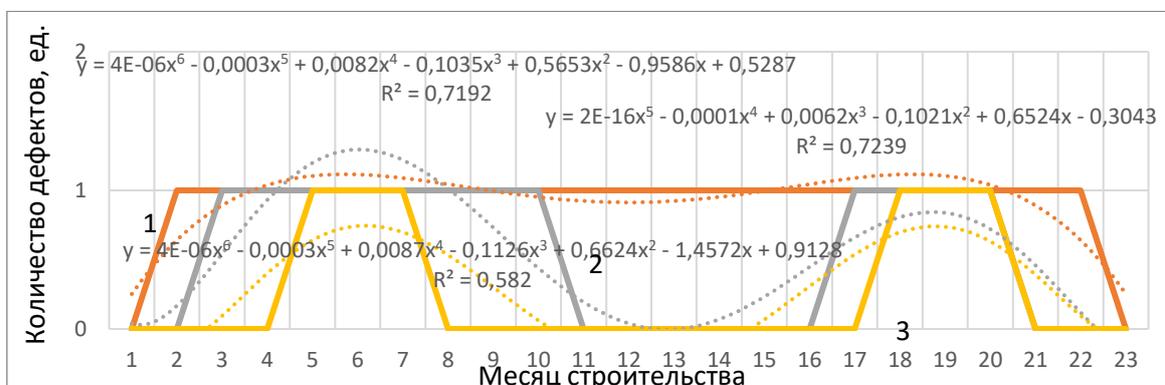


Рис. 5. Распределение и математические модели критических этапов строительства основного периода при устройстве надземной части здания: 1 – малозначительные дефекты; 2 – значительные дефекты; 3 – критические дефекты

Результаты распределения и построения математических моделей критических этапов строительства для основного этапа при устройстве внутренних и внешних инженерных коммуникаций в целях повышения эффективности государственного строительного надзора приведены на рис. 6.

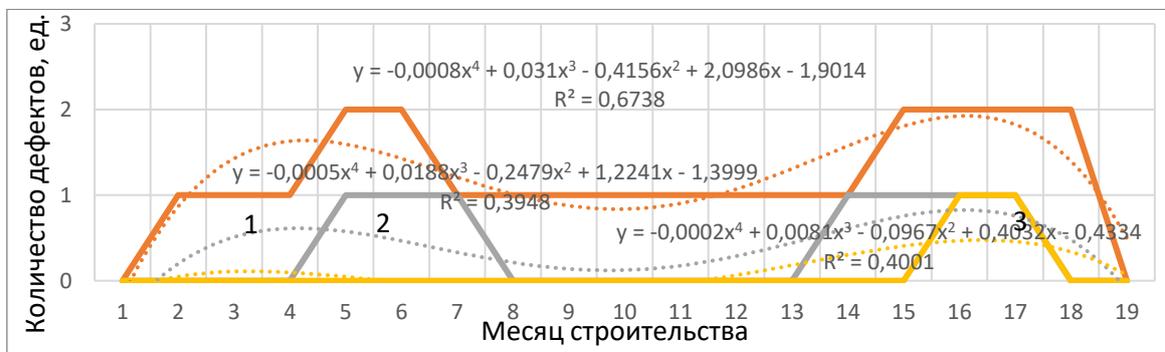


Рис. 6. Распределение и математические модели критических этапов строительства для основного этапа устройства внутренних и внешних инженерных коммуникаций: 1 – малозначительные дефекты; 2 – значительные дефекты; 3 – критические дефекты

Результаты распределения и построения математических моделей критических этапов строительства для заключительного периода – благоустройства и сдачи объекта в эксплуатацию – в целях повышения эффективности государственного строительного надзора приведены на рис. 7.

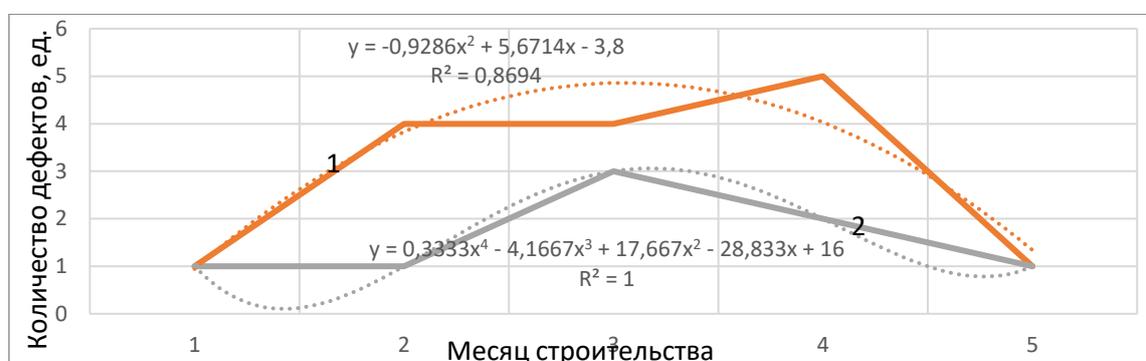


Рис. 7. Распределение и математические модели критических этапов строительства для заключительного периода – благоустройства и сдачи объекта в эксплуатацию: 1 – малозначительные дефекты; 2 – значительные дефекты

Из приведенных распределений и построенных математических моделей критических этапов строительства (рис. 5–7) можно сделать вывод о наличии таких периодов, которые требуют однозначного контроля со стороны государственных органов. Именно на этих этапах – в конкретные дни строительного процесса – целесообразно организовать посещение инспектором строящегося объекта. Обоснованные таким образом необходимые проверки будут достаточны для

обеспечения качества строительной продукции. При этом отпадает потребность в иных проверках, которые в данном случае становятся излишними.

В итоге, благодаря расчетам, удалось уменьшить общее количество проверок, что, естественно, приведет к снижению производственных и непроизводственных трудозатрат государственного строительного надзора. Обоснованные проверки смогут эффективнее предотвращать возможные дефекты, что, в конечном счете, приведет к снижению критических дефектов, полученных до завершения строительства, а значит – к уменьшению количества выдачи отказов при оформлении заключений о соответствии (ЗОС). В свою очередь, снижение излишнего воздействия государственного строительного надзора на участников строительного производства повлечет за собой сокращение срока строительства. Отсутствие излишних требований и предписаний от государственного строительного надзора не потребует от участников строительства дополнительных времени и ресурсов для устранения несоответствий, которые не являются отклонением от проектной документации и, как уже доказано, не влияют на безопасность объекта. Сэкономленные таким образом ресурсы повысят эффективность организации строительства гражданских объектов.

Кроме этого, для применения риск-ориентированного подхода при организации государственного строительного надзора под рисками в данной работе принято понимать общее количество нарушений (дефектов) на разных этапах строительства.

Для этого можно использовать самый известный инструмент прогнозирования – построение множественной линейной регрессии с последующим анализом влияния переменных модели на конечный результат (количество нарушений или дефектов).

Если применить при прогнозировании непрерывной величины Y по переменным X_1, \dots, X_n метод множественной линейной регрессии, то связь Y по переменным X_1, \dots, X_n задается с помощью линейной модели:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_n \cdot X_n + \varepsilon \quad (1)$$

где a_0, a_1, \dots, a_n – коэффициенты регрессионной модели; ε – случайная величина, являющаяся ошибкой прогнозирования.

Параметры уравнения множественной регрессии можно определить с использованием метода наименьших квадратов, который минимизирует сумму квадратов отклонений эмпирических (фактических) значений результативного признака от теоретических, полученных с помощью выбранного уравнения регрессии:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_{1i} - a_2 \cdot X_{2i} - \dots - a_n \cdot X_{ni})^2 \Rightarrow \min \quad (2)$$

где Y_i – фактические значения прогнозируемой величины (исходные значения); \hat{Y}_i – прогнозируемое значение.

При моделировании количества нарушений строительного производства и дефектов конструкций предположим, что значение постоянной составляющей равно нулю. В данном случае это действие приводит к нарушению одного из условий Гаусса–Маркова (о равенстве математического ожидания случайного члена нулю). Однако

равенство постоянной составляющей нулю в сформированной модели факторов приводит к нулевому значению числа строительных нарушений. При наличии постоянной составляющей количество дефектов будет равно значению постоянной составляющей, что не соответствует объективной реальности.

Линейная регрессионная модель месяца или дня нарушения этапов строительства (наиболее вероятного риска) примет следующий вид:

$$R = a_1 \cdot M + a_2 \cdot Z + a_3 \cdot K \quad (3)$$

где a_1, a_2, a_3 – регрессионные коэффициенты; M, Z, K – соответственно: малозначительные, значительные и критические дефекты.

Неизвестные коэффициенты уравнения a_1, a_2, a_3 были определены матричным способом.

В результате использования вычисленных значений элементов матрицы A математическая модель с применением риск-ориентированного подхода при организации государственного строительного надзора будет представлять собой такую зависимость:

– для этапа земляных работ – нулевого цикла:

$$R = 2 \cdot M - 0,005 \cdot Z + 2K; \quad (4)$$

– для основного периода – строительства надземной части здания:

$$R = 10 \cdot M - 5 \cdot Z + 13K; \quad (5)$$

– для основного периода – устройства внутренних и наружных инженерных коммуникаций:

$$R = 7 \cdot M - 3 \cdot Z + 5K; \quad (6)$$

– для заключительного периода – благоустройства и сдачи объекта в эксплуатацию:

$$R = 0,2 \cdot M + Z. \quad (7)$$

Для оценки качества полученной модели использован множественный коэффициент корреляции. Поскольку постоянная составляющая математической модели принимается равной нулю, нецентрированный коэффициент детерминации может быть вычислен по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \hat{N}_i)^2}{\sum_{i=1}^n N_i^2} \quad (8)$$

где N_i – фактическое количество дефектов; \hat{N}_i – расчетное количество дефектов, полученное в соответствии с уравнением регрессии.

С помощью Microsoft Excel установлено, что коэффициент детерминации равен:

– для основного периода – нулевого цикла: $R^2 = 0,9454$;

– для основного периода – строительства надземной части здания: $R^2 = 0,7250$;

– для основного периода – устройства внутренних и внешних инженерных коммуникаций: $R^2 = 0,7184$;

– для заключительного периода – благоустройства и сдачи объекта в эксплуатацию: $R^2 = 0,7452$.

Высокое значение нецентрированного коэффициента детерминации указывает на тесную взаимосвязь между изучаемыми показателями. В то же время средняя относительная ошибка для полученной регрессионной модели составила значение:

– для этапа земляных работ – нулевого цикла: $S = 1,36$ %;

– для основного периода – строительства надземной части здания: $S = 7,83$ %;

– для основного периода – устройства внутренних и наружных инженерных коммуникаций: $S = 6,59$ %;

– для заключительного периода – благоустройства и сдачи объекта в эксплуатацию: $S = 2,64$ %.

Как видим из приведенных данных, ошибка построенных математических моделей наиболее вероятного риска нарушений на этапах строительства не превышает 7,83 %, что указывает на возможность применения разработанных моделей с целью уменьшения количества проверок государственного строительного надзора и, соответственно, повышения эффективности организации строительства гражданских объектов за счет снижения излишних предписаний и затрат на устранение замечаний государственного строительного надзора.

Четвертая глава включает практические результаты применения математической модели и практический пример оценки технико-экономической эффективности применения математической модели на исследуемых объектах строительства.

К рассмотрению приняты ожидаемые условия формирования строительной системы с учетом особенностей строительной площадки в районе расположения анализируемого объекта капитального строительства.

В результате практического применения построенных математических моделей для критических этапов строительства получено следующее количество проверок, которое необходимо провести органам государственного строительного надзора:

Этап земляных работ:

– экскавация нижнего слоя грунта (подчистка дна котлована) – 1 проверка;

Основной этап:

– устройство фундаментного основания – 1 проверка;

– устройство конструкций на отметке 0,000 (для проверки всей подземной части) – 1 проверка;

– устройство надземной части:

– монолитные конструкции – 1 проверка;

– смешанный каркас – 3 проверки (монтаж 1-го этажа, монтаж среднего этажа, монтаж верхнего этажа);

– кирпичные здания – 1 проверка;

- устройство внутренних инженерных коммуникаций – 2 проверки;
- устройство наружных инженерных сетей – 1 проверка;

Завершение строительства:

- благоустройство и сдача объекта в эксплуатацию – 1 проверка.

Количество проверок государственного строительного надзора, т. е. количество приходов инспекторов ГСН составляет 12 раз.

Учитывая полученные вышеприведенные данные по необходимому количеству проверок ГСН при применении риск-ориентированного подхода и разработанных математических моделей для повышения эффективности государственного строительного надзора, основная технико-экономическая эффективность разработанной модели будет заключаться в следующем:

- снижение трудозатрат ГСН;
- снижение непроизводственных затрат ГСН;
- снижение производственных затрат ГСН;
- сокращение срока строительства за счет снижения чрезмерного воздействия ГСН и, как следствие, повышение эффективности организации строительства гражданских объектов за счет экономии ресурсов на выполнение предписаний от ГСН на устранение несоответствий, не влияющих на безопасность объекта и не являющихся отклонением от проектной документации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения диссертационных исследований решены все поставленные задачи и получены следующие основные результаты.

1. Определен состав и структура действующей нормативной базы по строительству, рассмотрены системные и случайные факторы влияния на качество формирования строительной продукции. Проведен обзор современных методов государственного строительного надзора и отмечено отсутствие целостного и системного подхода к методическому обоснованию количества и качества проверок соответствия как основного формата мероприятий при осуществлении государственного строительного надзора.

2. Установлены методологические основы оценки воздействия государственного строительного надзора на организацию производственных процессов гражданского строительства. В ходе проведенного научного исследования разработана концепция системы строительного производства (ССП), в рамках которой рассмотрены особенности взаимодействия основных категорий участников деятельности в области формирования строительной продукции и установлено, что воздействие ГСН на строительное производство может существенно повлиять на трудозатраты, продолжительность и стоимость строительства.

3. Выявлены организационно-технические факторы осуществления ГСН, воздействующие на организацию производственных процессов гражданского строительства, и установлено, что при осуществлении ГСН необходимо выявлять и предупреждать критические дефекты, которые оказывают влияние на безопасность

производства СМР и дальнейшей эксплуатации объекта. При этом выявление малозначительных и значительных дефектов должно осуществляться строительным контролем без привлечения органов надзора, что значительно повлияет на производственные и непроизводственные затраты ГСН.

4. Предложены математические модели прогнозирования рисков с определением критических этапов организации производственных процессов при реализации объектов гражданского строительства на основании графического метода. Определены 12 моментов (узловых точек), когда вероятность проявления критических неустранимых дефектов максимальна. В результате определено оптимально необходимое количество выездных проверок органами ГСН для предотвращения и недопущения наступления нарушений.

5. Предложена методика совершенствования надзорных процедур при организации производственных процессов гражданского строительства. В итоге, благодаря расчетам, удалось уменьшить общее количество проверок, что приведет к снижению производственных и непроизводственных трудовых затрат ГСН. Кроме того, получен эффект в виде сокращения сроков строительства за счет снижения чрезмерного воздействия ГСН, что в общем дало повышение эффективности организации строительства гражданских объектов за счет экономии ресурсов на выполнение предписаний от ГСН на устранение несоответствий, не влияющих на безопасность объекта и не являющихся отклонением от проектной документации.

6. Получены результаты внедрения на двух объектах гражданского назначения, которыми стали жилой дом со встроенно-пристроенной подземной автостоянкой, расположенный по адресу: г. Москва, ул. Ясенева, застройщика АО «Холдинговая компания «СУИхолдинг»», а также жилой дом с инженерными сетями и благоустройством территории, расположенный по адресу: г. Москва, ул. Зеленый проспект 27А, застройщика «Московский фонд реновации жилой застройки».

Технико-экономическая эффективность применения математической модели на исследуемых объектах строительства составляет:

– для застройщика АО «Холдинговая компания «СУИхолдинг»»: снижение трудовых затрат ГСН – 75 %; снижение непроизводственных затрат ГСН – 77,1 %; снижение производственных затрат ГСН – 75,4 %; также получено сокращение сроков строительства на 32 календарных дня. Общий экономический эффект от применения разработанной модели составил 661 365 млн руб.

– для застройщика «Московский фонд реновации жилой застройки»: снижение трудовых затрат ГСН – 78,6 %; снижение непроизводственных затрат ГСН – 80,3 %; снижение производственных затрат ГСН – 78,9 %, также получено сокращение сроков строительства на 30 календарных дней. Общий экономический эффект от применения разработанной модели составил 129 968 млн руб.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией:

1. Топчий Д. В., Токарский А. Я. Повышение организационно-технологической надежности объектов перепрофилирования при осуществлении

строительного надзора / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Наука и бизнес: Пути развития. – 2017. – № 10 (76). – С. 15–18.

2. Топчий Д. В., Токарский А. Я. Формирование базиса информационных технологий при осуществлении государственного строительного надзора на реновационных городских территориях / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Наука и бизнес. – 2019. – № 2 (92). – С. 127–135.

Публикации в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of Science и др.:

3. Topchiy D., Tokarskiy A. Designing of structural and functional organizational systems, formed during the re-profiling of industrial facilities / D. Topchiy, A. Tokarskiy // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, New Construction Technologies. – 2018. – Vol. 365, № 062005.

4. Topchiy D., Tokarskiy A. Formation of the organizational-managerial model of renovation of urban territories / D. Topchiy, A. Tokarskiy // MATEC Web Conf. – 2018. – Vol. 196, № 04029.

5. Topchiy D., Tokarskiy A. System-technical fundamentals of the structure of state construction supervision in the re-profiling of big urban areas / D. Topchiy, A. Tokarskiy // MATEC Web Conf. – 2018. – Vol. 251, № 06016.

6. Topchiy D., Tokarskiy A. Assessment of Effectiveness of Organizational and Technological Solutions in Retrofitting of Urban Areas / D. Topchiy, A. Tokarskiy // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 463, № 022074.

7. Topchiy D., Tokarskiy A. Formation of Hierarchies in the System of Organization of State Construction Supervision in Case of Reorientation of Urban Areas / D. Topchiy, A. Tokarskiy // Advances in Computing and Data Sciences (ICACDS–2019), 2019 / Communications in Computer and Information Science ; eds. by M. Singh [et al.]. – Ghaziabad, India : Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019. – Vol. 1046. – P. 134–143.

8. Tokarskiy A., Topchiy D. The concept of quality control of the organization of construction processes during construction supervision through the use of information technology / D. Topchiy, A. Tokarskiy // E3S Web of Conferences / Ural Environmental Science Forum (UESF–2021), 2021. – Vol. 258, № 09028.

Публикации в других научных журналах и изданиях:

9. Топчий Д. В., Токарский А. Я. Методологические основы оценки воздействия государственного строительного надзора при реализации муниципальных проектов по перепрофилированию значительных городских территорий / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы : сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании», г. Москва, 14–16 ноября 2018 г. / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации ; Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. – С. 234–238.

10. Топчий Д. В., Токарский А. Я. Формирование иерархий в системе организации государственного строительного надзора при перепрофилировании городских территорий / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Вестник Евразийской науки. – 2018. – Том 10, № 6. – URL: <https://esj.today/PDF/18SAVN618.pdf>.

11. Топчий Д. В., Токарский А. Я. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Вестник Евразийской науки. – 2019. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/52SAVN319.pdf>.