

На правах рукописи



РОМАНОВИЧ Марина Александровна

**ПОВЫШЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ МОНОЛИТНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА**

Специальность: **05.23.08** – Технология и организация строительства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Симанкина Татьяна Леонидовна

Официальные оппоненты: **Козин Петр Александрович**,
доктор технических наук, профессор,
ФГКВБОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского», кафедра
«Специальные сооружения ракетно-космических комплексов», профессор
г. Санкт-Петербург

Лукин Алексей Юрьевич,
кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет
им. М. В. Ломоносова», кафедра
автомобильных дорог и строительного производства, доцент, г. Архангельск

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Защита диссертации состоится «29» сентября 2015 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д **212.223.01** при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, зал заседаний диссертационного совета (аудитория 219).

Тел./Факс: (812) 316-58-72; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте www.spbgasu.ru.

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук



Владимир Викторович Конюшков

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Строительство представляет собой сложную систему, значения параметров которой постоянно изменяются во времени и зависят от огромного количества факторов. Успешная реализация строительного проекта заключается в достижении поставленных целей: завершение строительства в срок, выполнение запланированных объемов работ, оптимальное ресурсораспределение, получение качественной строительной продукции. В настоящее время вопрос качества строительной продукции является приоритетным, о чем свидетельствует ежегодная статистика Службы государственного строительного надзора и экспертизы о дефектах и нарушениях, выявленных во время строительства и после его завершения. Важной проблемой является и дефицит квалифицированных рабочих кадров. Решение данного вопроса на сегодняшний день ведется с помощью разработки и внедрения в строительную сферу профессиональных стандартов, методические основы разработки которых были утверждены Президентом и Правительством Российской Федерации.

Организационно-технологическая надежность строительства, в том числе и монолитного домостроения, определяет способность строительной организации достигать поставленных целей при заданных входных параметрах, в частности, количественного и квалификационного уровня рабочих в бригаде, исправной работы машин и механизмов, качества производства работ и качества строительных материалов, а также своевременности их поставки на строительную площадку, и пр. Необходимый уровень организационно-технологической надежности достигается путем учета и контроля изменений, происходящих со всеми параметрами календарного плана и его корректировки в зависимости от этих изменений. Причины, влияющие на изменение параметров календарного плана, могут быть как внутренними, связанными с организацией работы, ошибками в проектных решениях, так и внешними, например, неблагоприятные природно-климатические условия, которые практически невозможно заранее прогнозировать. Изменения, происходящие в процессе строительства, например, дефицит рабочих в определенный период времени, или неисправность машин и механизмов, могут существенно повлиять на возможность достижения поставленных целей, что в итоге может привести к увеличению срока строительства и снизить качество строительной продукции. Поэтому разработка методов своевременного диагностирования и прогнозирования критических изменений, происходящих с параметрами календарного плана строительства, а также минимизация или полное исключение критических изменений (отклонений), является важной задачей снижения рисков строительства и повышения его организационно-технологической надежности.

Изучение параметров календарного плана базируется, как правило, на статистических сведениях о строительстве. Поскольку параметры изменяются во времени, целесообразно их изучение с помощью временных рядов. Поэтому исследование временных рядов является актуальной задачей анализа и прогно-

зирования динамики изменения параметров календарного плана строительства в целом и монолитного домостроения в частности.

Степень разработанности темы исследования. Вопросами календарного планирования и повышения организационно-технологической надежности строительства занимались многие ученые, среди которых: В. А. Афанасьев, Г. М. Бадьин, С. А. Баркалов, С. А. Болотин, А. В. Гинзбург, П. Г. Грабовый, А. А. Гусаков, Л. Г. Дикман, П. А. Козин, П. Н. Курочка, А. А. Лapidус, В. Я. Мищенко, Ю. П. Панибратов, Б. И. Петраков, В. В. Пешков, А. Ф. Шкляр-ов и др. Теоретическим и практическим вопросам исследования временных рядов с помощью различных математических аппаратов посвящены труды Юкио Сато, Э. Айфичера, У. Кестера, И. Добеши, Роби Поликара, Н. М. Астафьевой, Н. К. Смоленцева, А. П. Петухова, А. Н. Яковлева и др.

Цель исследования заключается в повышении организационно-технологической надежности монолитного домостроения путем комплексного анализа внешних и внутренних факторов, воздействующих на ход работ, и разработке методики прогнозирования и управления процессом строительства.

Задачи исследования:

- провести анализ современных методов повышения организационно-технологической надежности строительства с выявлением факторов, влияющих на нее;
- провести сбор статистических сведений о строительстве объекта, в частности, о численности рабочих, продолжительности строительства и объемах выполняемых работ, на примере монолитного домостроения, с целью определения значений ежедневной выработки;
- исследовать зависимость параметров строительства с помощью различных математических моделей;
- разработать математическую модель оценки квалификационных навыков рабочего, с учетом его возраста, образования, опыта работы в строительстве, разряда, освоенных профессий;
- определить эффективность применения интегрального показателя квалификации рабочих при различных методах расчета;
- выполнить календарное планирование строительства на основе методики прогнозирования и управления процессом строительства при математическом моделировании объемов работ.

Объект исследования – организационно-технологическая надежность строительных процессов в монолитном домостроении.

Предмет исследования – влияние внешних и внутренних факторов на строительные процессы в монолитном домостроении.

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих конкретных результатов:

1. Разработана методика повышения организационно-технологической надежности строительных процессов в монолитном домостроении на основе математического моделирования параметров календарного плана с учетом периодичности проявления различных факторов.

2. Введен интегральный статистический показатель квалификации рабочих, отражающий индивидуальные оценки каждого рабочего: от теоретических знаний до практических навыков в строительной области.

3. Разработан алгоритм усовершенствования календарного планирования путем исключения критических отклонений функции изменения средних объемов монолитных работ, возникающих вследствие воздействия внешних и внутренних факторов на ход строительства.

4. На основе математических моделей определены основные связи между параметрами календарного плана строительства, учитывающие зависимость ежедневной выработки от количества рабочих.

5. На основе методики прогнозирования и управления процессом строительства с учетом периодичности выявления его характеристик рассмотрен пример календарного планирования.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что результаты работы, в основе которой лежат математические модели: учета влияния внешних и внутренних факторов на ход строительства, оценки квалификации строительных рабочих, могут быть применены для оптимизации календарного планирования при монолитном домостроении.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке программно-методических положений, определяющих повышение организационно-технологической надежности монолитного домостроения путем проведения следующих мероприятий: сбора и обработки статистических данных о строительстве на примере выполнения монолитных работ, комплексного анализа и установления зависимостей и закономерностей, совершенствовании календарного планирования с учетом полученных расчетных и аналитических данных.

Методология и методы исследования. В работе использовались методы повышения организационно-технологической надежности строительства, включающие в себя методы математического моделирования, натурных наблюдений (определение объема выполненных работ определенным количеством рабочих и строительных машин), анализ отчетных документов строительной организации, в том числе таблиц учета рабочего времени, документов об объемах забетонированных конструкций. В частности, в диссертационной работе использованы методы календарного планирования и математической статистики, применяемые для комплексной оценки взаимосвязи параметров строительства и прогнозирования их изменения. Методы анализа с помощью преобразования Фурье, дискретного и непрерывного вейвлет-преобразований были использованы при определении периодичности и степени воздействия на ход строительства внешних и внутренних факторов.

Положения, выносимые на защиту:

- методика повышения организационно-технологической надежности строительных процессов на основе математического моделирования параметров

ния, списка литературы, включающего 153 источника, и семи приложений на 28 страницах. В работе представлены 64 рисунка, 23 таблицы и 59 формул.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель исследования, научная гипотеза, задачи, предмет и объект исследования, описаны методы исследования, практическая и теоретическая значимость работы, приведены сведения об апробации научных результатов, имеющихся публикациях и общей структуре работы.

В первой главе проанализированы различные факторы, влияющие на организационно-технологическую надежность строительства, рассмотрены подходы к модернизации системы профессиональной квалификации в строительстве, проведен обзор современных математических методов для исследования и прогнозирования производственных процессов.

Во второй главе проведена ресурсная оптимизация строительных потоков на основе математического моделирования квалификации рабочих; разработаны интегральные коэффициенты квалификации, приведена методика расчета среднего интегрального показателя квалификации смены, исследованы зависимости между параметрами строительства: средним интегральным показателем квалификации смены, количеством рабочих в смену и средним ежедневным объемом выполненных работ на основе коэффициента корреляции; введена функция выработки, описывающая связь между рассматриваемыми параметрами; введена функция оптимизированного объема работ, значения которой следует применять в качестве норматива для календарного планирования.

В третьей главе проведено исследование организации труда рабочих на примере монолитного домостроения с использованием анализа Фурье и вейвлет-анализа. Определены периодичности воздействия внутренних и внешних факторов на строительство, разработан алгоритм исключения критических отклонений функции изменения средних объемов работ, возникающих в результате воздействия на функцию различных факторов; разработан алгоритм методики повышения организационно-технологической надежности строительства.

В четвертой главе выполнена практическая реализация методики повышения организационно-технологической надежности строительства с помощью разработанной программы-макроса, в основе которой заложены функция оптимизированных объемов работ, автоматический подбор качественного и количественного состава рабочих в определенную смену в зависимости от заданных объемов работ, определены значения корректирующих коэффициентов при календарном планировании на прогнозный период в зависимости от внешних факторов, влияющих на ход строительство.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Разработана методика повышения организационно-технологической надежности строительных процессов в монолитном домостроении на основе математического моделирования параметров календарного плана с учетом периодичности проявления различных факторов.

Алгоритм методики включает следующие этапы (рисунок 1).

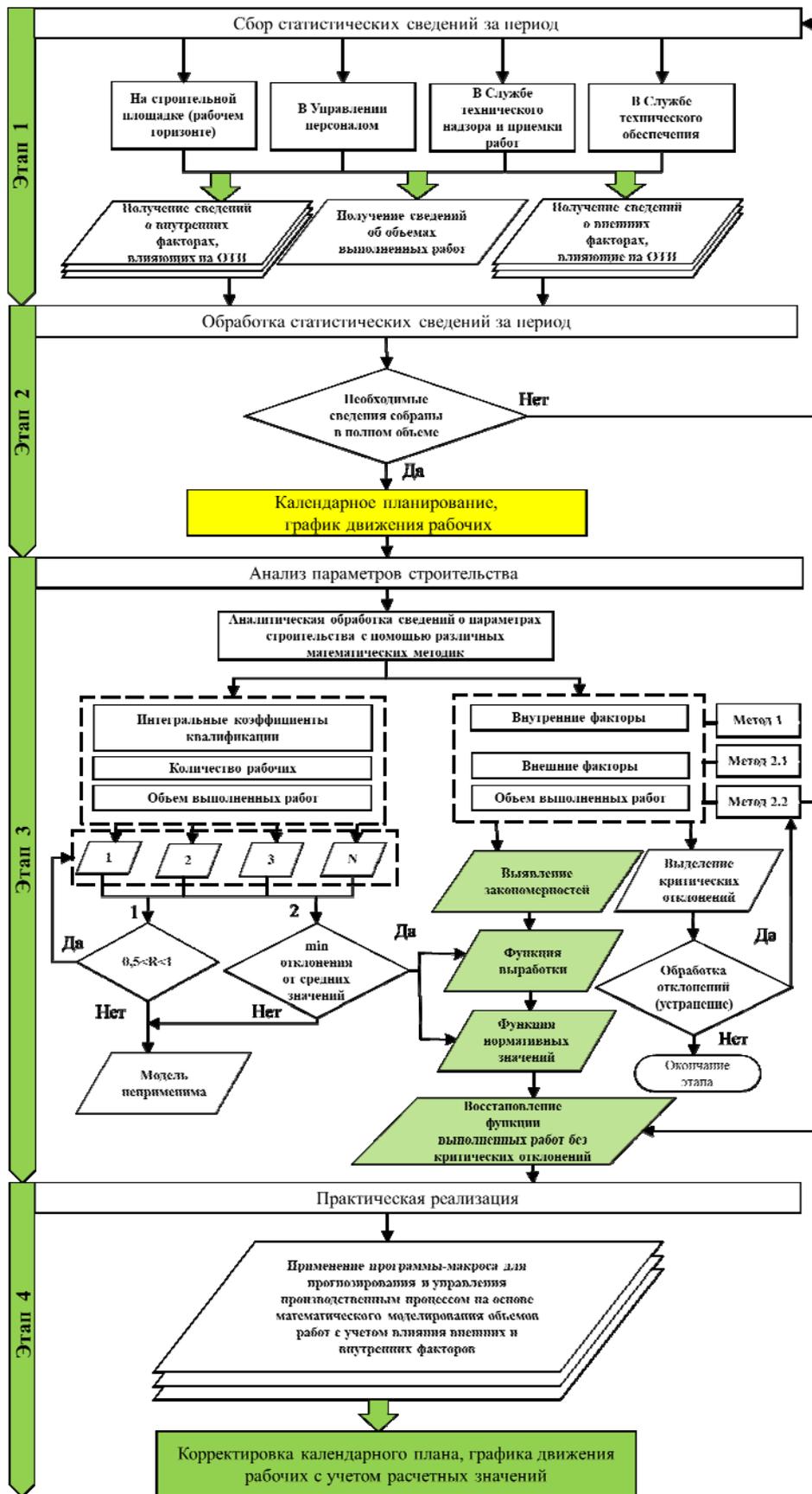


Рисунок 1 – Схема алгоритма повышения организационно-технологической надежности строительства

На первом этапе происходит комплексный сбор сведений о параметрах строительства за определенный период времени, а именно: ежедневных объемах выполняемых работ, количественном и качественном (квалификационном) составе бригад, а также внешних факторах, воздействующих на выполнение ежедневных объемов работ.

На втором этапе происходит обработка полученных статистических сведений. Формируется массив данных о выполненных объемах работ, строится фактический календарный план работ и график движения рабочих, определяется коэффициент неравномерности движения рабочих. На основании таблиц учета рабочего времени определяется график работы бригады, а также количественный и качественный состав рабочих в каждую смену.

На третьем этапе проводится аналитическая обработка сведений о параметрах строительства с помощью математических методик.

Сформированный массив данных об объемах выполненных работ анализируется с помощью спектрального анализа Фурье, непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований, при этом учитываются внешние и внутренние факторы, воздействующие на ход строительства. На основании полученных сведений о разряде, опыте работы, возрасте, стаже рабочих разрабатываются интегральные коэффициенты квалификации для каждого рабочего в отдельности и для каждой рабочей смены в целом. Результатом третьего этапа работ является выявление закономерностей при выполнении ежедневных объемов работ, допустимых и недопустимых отклонениях.

Завершающим этапом реализации методики является разработка программы-макроста, в основе работы которой заложены полученные на третьем этапе работы сведения о выявленных закономерностях, отклонениях и тенденциях в ходе строительства.

Основная задача программы-макроста заключается в совершенствовании календарного планирования и корректировке графика движения рабочих с учетом всех факторов, воздействующих на ход строительства, и разработанных математических моделей. Результатом реализации четвертого этапа методики является откорректированный календарный план работ и график движения рабочих.

2. Введен интегральный статистический показатель квалификации рабочих, отражающий индивидуальные оценки каждого рабочего: от теоретических знаний до практических навыков в строительной области.

На основании статистических сведений о более, чем 100 рабочих из двух бригад, работающих на 2-х объектах А и Б, включающих в себя информацию о возрасте рабочих, их образовании, профессиональном стаже, квалификационном разряде, графике работы каждого рабочего разработаны интегральные коэффициенты квалификации, отражающие индивидуальные оценки каждого рабочего – от практических навыков, до теоретических знаний в строительной области (таблица 1).

Таблица 1 – Интегральные коэффициенты квалификации рабочего

Код	Наименование коэффициентов квалификации	Формула
А	Коэффициент выработки	$K_{\text{выр}} = \frac{B_{\phi} \times 100}{H_{\phi} \times T_{\phi}} \quad (1)$ <p>где B_{ϕ} – фактическая выработка за определенное время, ед.;</p> <p>H_{ϕ} – норма выработки за 1 ч работы, ед./ч;</p> <p>T_{ϕ} – фактическое число часов работы (без плановых простоев), ч.</p>
Б	Коэффициент качества работы (практических навыков)	$K_{\text{кач}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{\text{сли}} \cdot k_{\text{вpi}} \cdot k_{\text{ки}}}{n} \quad (2)$ <p>где $k_{\text{сли}}$ – коэффициент, характеризующий уровень сложности i-той работы (значение коэффициента задается от 0,1 до 1,5);</p> <p>$k_{\text{вpi}}$ – коэффициент, характеризующий время выполнения i-той работы, при этом должно выполняться следующее условие: $k_{\text{вpi}} = 1$ – если $t_{\phi} = t_n$, где t_n – установленное (нормативное) время выполнения работы, t_{ϕ} – фактическое время выполнения работы.</p> <p>$k_{\text{вpi}} = 1,5$ – если $t_{\phi} < t_n$;</p> <p>$k_{\text{вpi}} = 0,5$ – если $t_{\phi} > t_n$;</p> <p>n – общее количество практических заданий.</p> <p>$k_{\text{ки}}$ – коэффициент, характеризующий качество выполнения практического задания, при этом должны выполняться следующие условия: $k_{\text{ки}} = 1,5$ – если работа выполнена без замечаний со стороны бригадира / Службы технического надзора и приемки работ;</p> <p>$k_{\text{ки}} = 1$ – если работа выполнена с допустимыми отклонениями от нормы;</p> <p>$k_{\text{ки}} = 0,3$ – если работа выполнена с недопустимыми отклонениями от нормы и требуется устранение брака;</p> <p>n – общее количество практических заданий.</p>
В	Коэффициент теоретических знаний	<p>Определяется по результатам проверки теоретических знаний, которые должны соответствовать необходимым областям знаний выбранной профессии рабочего.</p> $K_T = \frac{Q_r}{Q_n} \quad (3)$ <p>где Q_r – количество верно выполненных теоретических заданий, Q_n – общее количество теоретических заданий.</p>

Код	Наименование коэффициентов квалификации	Формула
Г	Коэффициент занятости в течение смены	$K_3 = \frac{T_p}{T_{см}} \quad (4)$ <p>где T_p – фактическое количество часов работы, ч; $T_{см}$ – длительность смены, ч.</p>
Д	Коэффициент профессионального уровня	$K_{проф} = \frac{K_o + K_s}{4,0}, \quad (5)$ <p>где K_o – коэффициент уровня образования может принимать значения 1, 2, 3; K_s – коэффициент стажа может принимать значения 0,25, 0,50, 0,75, 1; 4,0 – постоянная величина, соответствующая сумме максимальных значений коэффициента уровня образования и стажа.</p>
Е	Коэффициент дополнительных профессиональных навыков	$K_{дон} = 0,25$, если рабочий освоил дополнительную смежную профессию, но не получил разряд; $K_{дон} = 0,5$, если рабочий освоил дополнительную смежную профессию, с присвоением соответствующего разряда.
Ж	Коэффициент безопасности труда	$K_{б/т} = 1$, если белая группа безопасности труда; $K_{б/т} = 0,75$, если зеленая группа безопасности труда; $K_{б/т} = 0,5$, если желтая группа безопасности труда; $K_{б/т} = 0,25$, если оранжевая группа безопасности труда; $K_{б/т} = 0$, если красная группа безопасности труда.

Итоговые интегральные показатели квалификации вычисляются по следующей формуле:

$$K_{итог} = (K_{проф} + K_{дон} + K_{б/т}) \times K_m, \quad (6)$$

где K_m – значение тарифного коэффициента, принимаемого в зависимости от разряда рабочего 1,085; 1,186; 1,339; 1,542 для II, III, IV, V квалификационных разрядов соответственно.

Другие интегральные коэффициенты квалификации в работе не рассчитывались, поскольку не представлялось возможным собрать все необходимые данные о всех рабочих для формирования и вычисления оставшихся интегральных коэффициентов.

Средний интегральный показатель квалификации смены определяется по формуле

$$K_{см} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{итог i}}{n}, \quad (7)$$

где $K_{итогоi}$ – значение итогового интегрального показателя квалификации i -го работника;
 n – количество рабочих в смену.

3. Разработан алгоритм усовершенствования календарного планирования путем исключения критических отклонений функции изменения средних объемов монолитных работ, возникающих вследствие воздействия внешних и внутренних факторов на ход строительства.

Проведен анализ сведений о ежедневных средних объемах выполненных работ – объемах забетонированных конструкций (куб. м) за 4,5 месяца на двух объектах А и Б, представленных в виде временных рядов, с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье, непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований. Анализ с помощью непрерывного вейвлет-преобразования в сочетании с анализом Фурье позволил выявить периодичности T_{cp} и средние стандартные ошибки периодов σT_{cp} воздействия на функцию изменения средних объемов работ внешних и внутренних факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Периодичность влияния факторов на строительный процесс

№ п/п	Фактор	T_{cp} , дней	σT_{cp} , дней
1	Посменная работа бригады (две через две смены)	4	$\pm 1,5$
2	Устранение брака по предписаниям Службы технического надзора и приемки работ	10	$\pm 3,5$
3	Обесточивание строительной площадки	19	$\pm 4,5$
4	Задержки в поставках строительных материалов	70	± 5
5	Плановая настройка машин и механизмов	25	$\pm 4,5$
6	Нерабочее состояние машин и механизмов	45	± 3

В результате анализа функции изменения средних объемов работ с помощью дискретного вейвлет-преобразования сформулирован алгоритм исключения критических отклонений из функции:

1. *Формирование ряда данных функции.* Определяются значение ряда данных и исследуемый промежуток времени.

2. *Обработка ряда данных функции.* Осуществляется комплексный анализ ряда данных с помощью преобразования Фурье и вейвлет-преобразований, выявляются максимальные и минимальные отклонения значений ряда данных, определяются внешние и внутренние факторы, воздействующие на функцию и приводящие к ее изменению, а также периодичность, с которой выявленные воздействия возникают.

3. *Декомпозиция исходной функции.* Выбирается вейвлет, его порядок и количество уровней разложения функции N .

4. *Пороговая обработка.* Для различных уровней выбираются свои границы или пороги (в зависимости от поставленных задач), и применяется пороговая

обработка детализирующих коэффициентов на тех участках функции, где необходимо минимизировать или вовсе убрать критические отклонения функции от заданного тренда (средний нормативный объем работ в день), возникающие в результате воздействия на функцию различных внешних и внутренних факторов.

5. *Реконструкция.* Производится восстановление значений ряда данных функции с помощью обратного вейвлет-преобразования, с учетом проведенной пороговой обработки каждого уровня разложения исходной функции с получением ряда данных функции без критических отклонений, т. е. таких значений функции в заданном промежутке времени, какими они могли бы быть, если бы не подвергались влиянию внешних и внутренних факторов.

6. *Календарное планирование.* Применяя значения сменной выработки, с учетом воздействующих внешних и внутренних факторов, периодичность возникновения этих факторов, определяются прогнозные значения объемов работ и корректируется календарный план выполнения работ на прогнозируемый период. Зная степень влияния тех или иных факторов на строительство, а также частоту возникновения таких влияний, можно варьировать количество рабочих в смену, корректировать график работы бригады, вводить дополнительные дни проверки и настройки машин и механизмов, что позволит оптимизировать контроль ежедневных объемов выполняемых работ и сроки строительства.

4. На основе математических моделей определены основные связи между параметрами календарного плана строительства, учитывающие зависимость ежедневной выработки от количества рабочих.

Проведено исследование зависимостей между параметрами строительного процесса: средним интегральным показателем квалификации смены, количеством рабочих в смену и средним ежедневным объемом выполненных работ (ежедневный объем забетонированных конструкций с учетом плит перекрытий, куб. м), рассчитанными для двух объектов за 4,5 месяца.

Значения средних ежедневных объемов работ определяются по формуле:

$$V_{cpi} = V_{ki} + \frac{V_{nnt}}{N_t}, \quad (8)$$

где V_{cpi} – значение среднего объема выполненных работ в i -ый день, куб. м;

V_{ki} – объем забетонированных конструкций в день, куб. м;

V_{nnt} – объем забетонированного участка плиты перекрытия за период времени t ;

N_t – количество рабочих дней в период времени t .

Ежедневный объем выполненных работ Z можно представить как функцию, зависящую от двух переменных – количества рабочих (переменная X) и среднего интегрального показателя квалификации (переменная Y):

$$Z = f(X, Y) \quad (9)$$

Преобразуем производственную функцию Кобба-Дугласа в следующий вид:

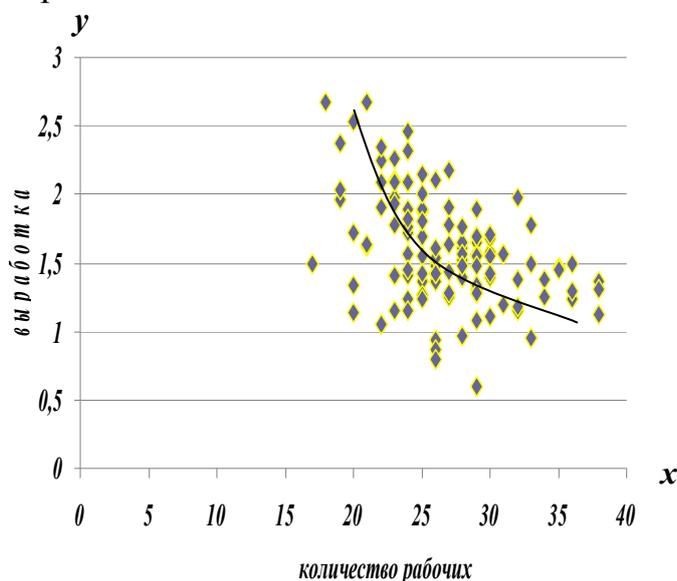
$$Z = AX^\alpha Y^\beta, \quad (10)$$

где Y – интегральный показатель квалификации;
 X – количество рабочих;
 A – коэффициент, показывающий пропорциональность функций;
 α, β – коэффициенты эластичности количества рабочих и интегрального показателя квалификации;
 Z – объем работ.

Полученную функцию (10) назовем *функцией выработки*.

По результатам вычислений получено, что значения коэффициентов корреляции для обоих объектов близки к 1, что делает возможным принять функцию (10) для описания рассматриваемых параметров.

График зависимости ежедневной выработки от количества рабочих (рисунок 2), построенный на основе анализа статистических данных за 4,5 месяца (рисунок 3), показывает обратно пропорциональную зависимость выработки от количества рабочих, которую опишем с помощью гиперболического уравнения регрессии:



$$y = a + \frac{b}{x} \quad (11)$$

где a, b – коэффициенты уравнения;

x – численность рабочих;

y – сменная выработка рабочего.

Тогда значения *функции оптимизированного объема работ* будут определены как произведение сменной выработки на фактическое количество рабочих в день.

Рисунок 2 – График зависимости ежедневной выработки от количества рабочих

По результатам вычислений построен сводный график объемов работ (рисунок 4).

График функции оптимизированного объема работ имеет наименьшие колебания и разброс значений по сравнению с графиком фактического объема работ и графиком объема работ, рассчитанного по формуле функции выработки. Значения объемов работ, полученные в результате построения графика функции оптимизированного объема работ, могут устанавливаться в качестве средних нормативных значений при календарном планировании.

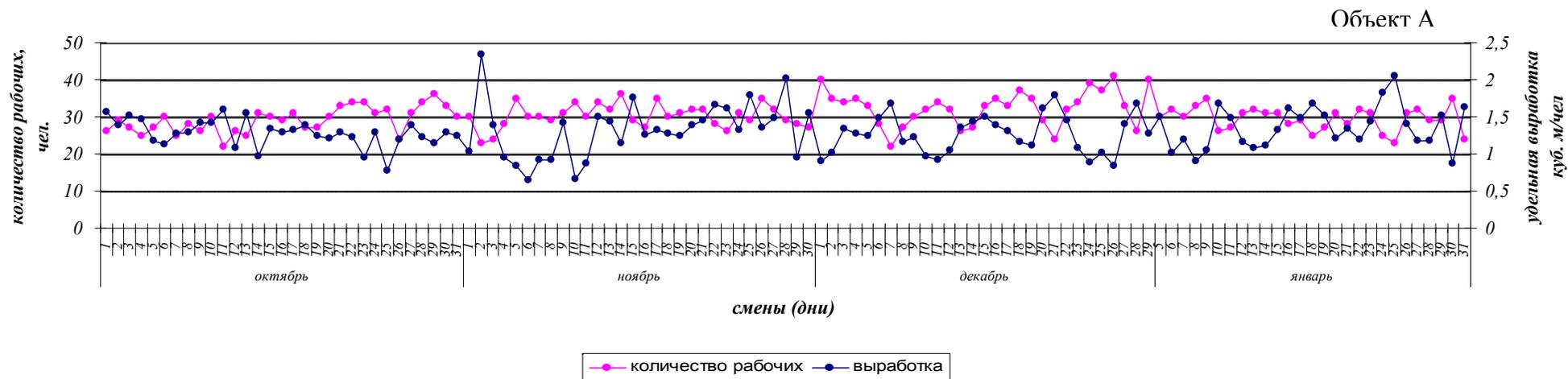


Рисунок 3 – График изменения значений выработки и количества рабочих

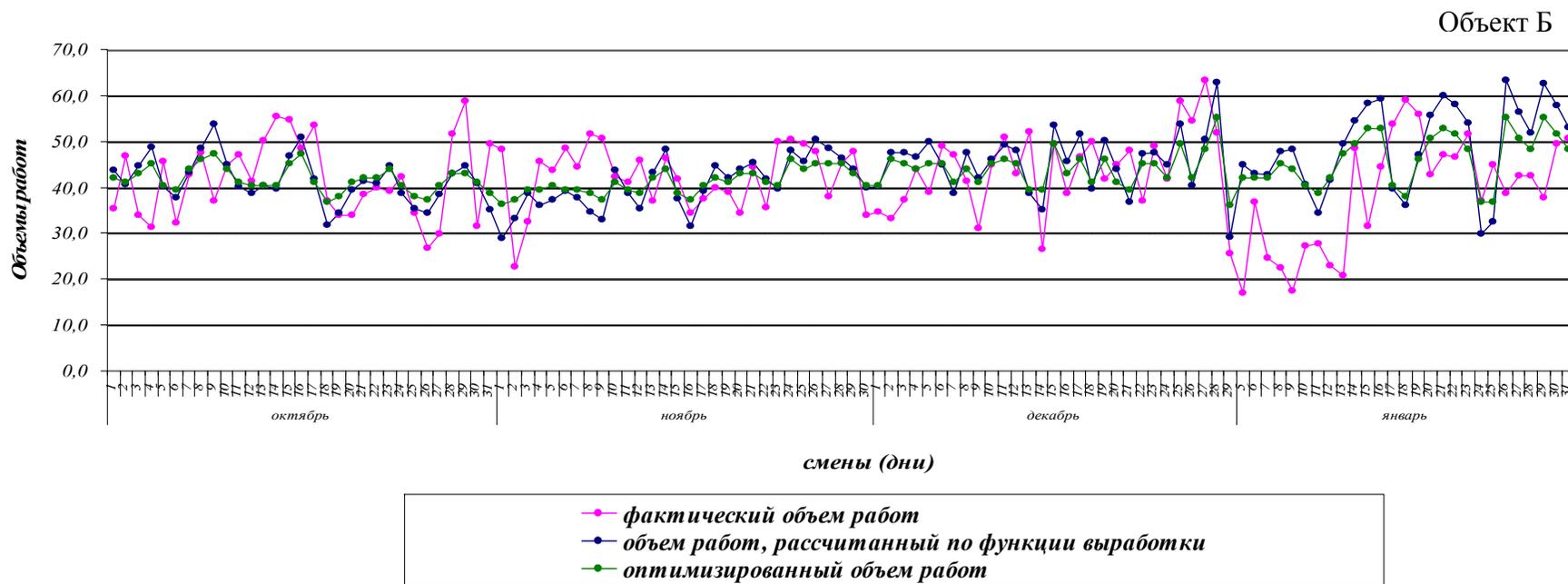


Рисунок 4 – Сводный график объемов работ

5. На основе методики прогнозирования и управления процессом строительства с учетом периодичности выявления его характеристик рассмотрен пример календарного планирования.

На основе методики прогнозирования и управления производственным процессом с применением значений сменной выработки и учетом периодичности выявления характеристик строительства разработана программа-макрос, базирующаяся на основе следующих положений:

- На основе значений сменной выработки и численности рабочих, а также с учетом воздействующих внешних и внутренних факторов и периодичности возникновения этих факторов, определяются прогнозируемые значения объемов работ для календарного планирования. Зная степень влияния тех или иных факторов, а также частоту их проявлений, можно варьировать количество рабочих в ту или иную смену, корректировать график работы бригады, вводить дополнительные дни проверки и настройки машин и механизмов, что позволит оптимизировать контроль ежедневных объемов выполняемых работ и сроки строительства.

- Производится автоматический подбор качественного и количественного состава рабочих в определенную смену в зависимости от заданных объемов работ с учетом постоянного сменного графика для каждого рабочего и профессий рабочих на основе функции выработки. Каждый следующий подбор осуществляется с учетом фактических выходов рабочих за предыдущий период, в т. ч. если фактические графики выходов рабочих не соответствовали ранее разработанному программой плану.

- По окончании временного периода работ подсчитываются значения функции оптимизированных объемов работ, с определением границ максимальных и минимальных отклонений. Значения функции, не попадающие в заданные границы, называются критическими.

- При сравнении значений средних объемов работ с учетом критических отклонений, возникших в результате воздействия различных внешних факторов, и без учета критических отклонений (значения получены с помощью дискретного вейвлет-преобразования), получены значения корректирующих коэффициентов. Значения корректирующих коэффициентов изменяются в диапазоне от 0,88 до 1,13 в зависимости от типа внешнего фактора (работа машин и механизмов, отключение электроэнергии, простои рабочих, погодные условия, поставка строительных материалов и т. д.).

Построены прогнозируемый график изменения средних объемов работ для будущего периода, график изменения выработки, график движения рабочих, с учетом статистических сведений за предыдущий период, автоматически подсчитанных программой коэффициентов эластичности и функции выработки, с помощью которой проводится автоматический подбор качественного и количественного состава рабочих в смену, а также с учетом заложенных в программе понижающих и повышающих корректирующих коэффициентов. Календар-

ный график выполнения работ для прогнозируемого периода, построенный в программе Microsoft Project представлен на рисунке 5.

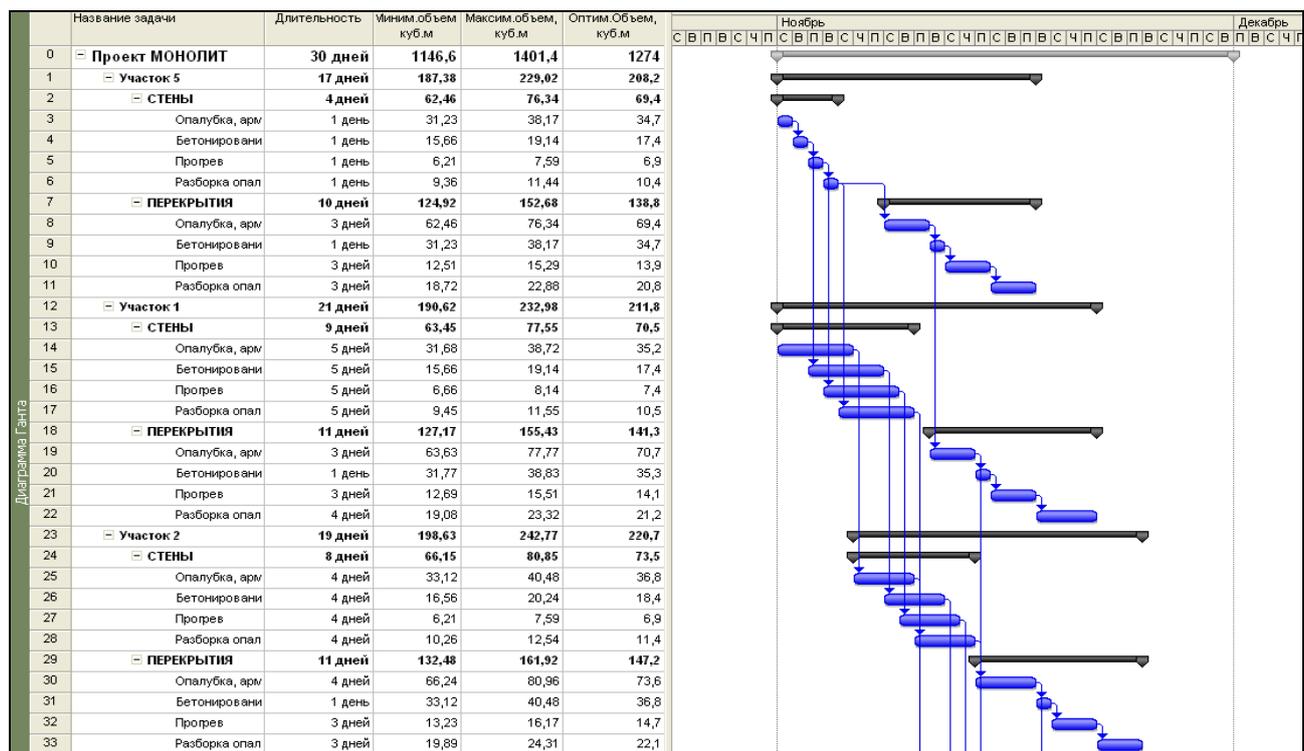


Рисунок 5 – Календарный график выполнения работ для прогнозируемого периода

На рисунке 6 показаны график изменения средних объемов работ, график выработки и график движения рабочих для прогнозируемого периода, построенные в разработанной программе-макросе. Сравним полученный прогнозируемый график с фактическим графиком средних объемов работ за данный период. Анализируя график объемов работ, полученный при применении методики, можно сделать вывод о том, что колебания и критические отклонения в значениях объемов работ практически отсутствуют, в отличие от фактического графика средних объемов работ. Также отсутствуют резкие скачки в значениях ежедневной выработки, т. е. работа выполняется с одинаковой интенсивностью.

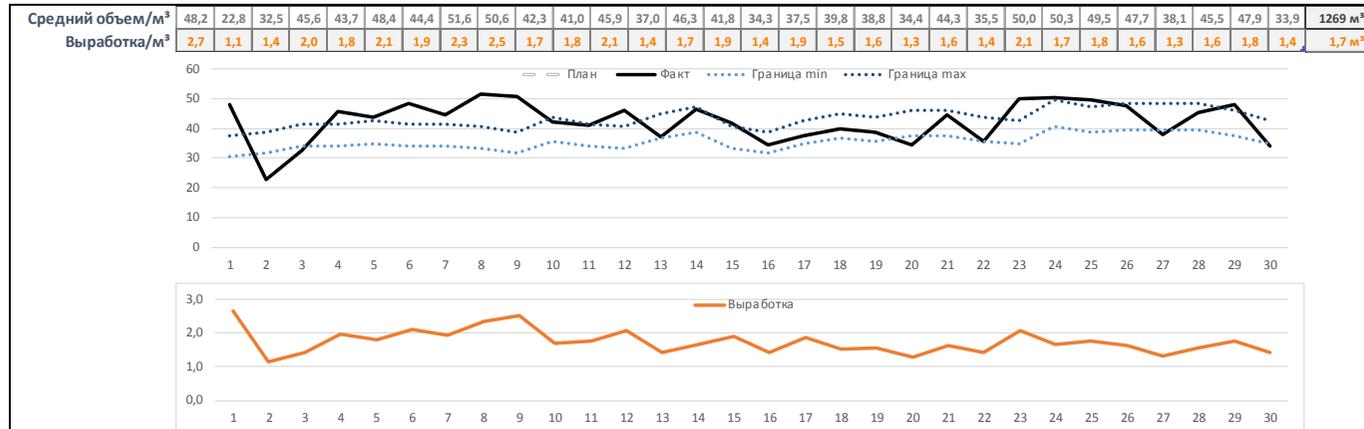
III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам работы над диссертацией получены следующие результаты:

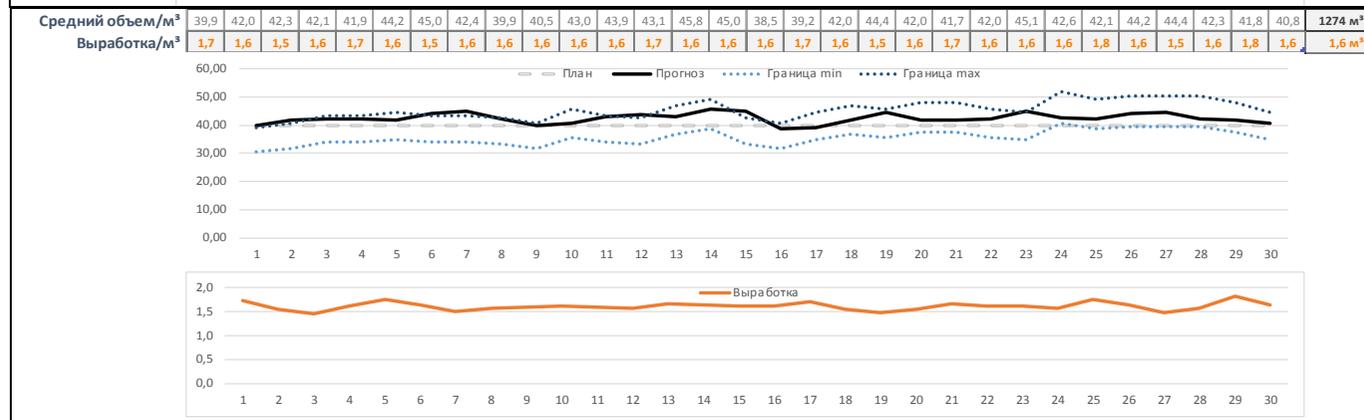
1. Проведен анализ современных методов повышения организационно-технологической надежности строительства с выявлением факторов, влияющих на нее.

2. Собраны статистические сведения о более, чем 100 рабочих из двух бригад, работающих на двух объектах монолитного домостроения, включающие в себя информацию о возрасте рабочих, их образовании, профессиональном стаже, квалификационном разряде. Получены сведения о ежедневных объемах

а)



б)



23 27 29 26 24 27 30 27 25 25 27 28 26 28 28 24 23 27 30 27 25 26 28 27 24 27 30 27 23 25

График движения рабочих

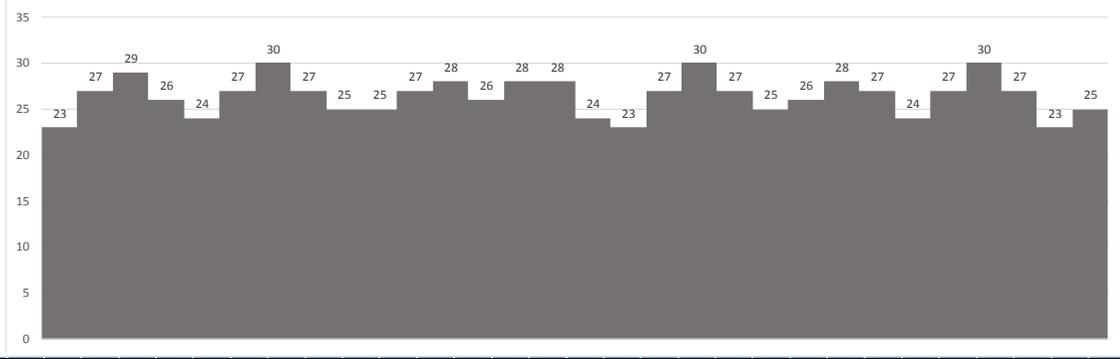


Рисунок 6 – а) фактический график изменения средних объемов работ и график фактической выработки; б) прогнозируемый график изменения средних объемов работ, график выработки и график движения рабочих

выполненных работ на двух объектах за 4,5 месяца, а также о внешних и внутренних факторах, воздействующих на ход строительства, сформированы исходные массивы данных для построения функций изменения средних объемов работ.

3. Определены периодичности воздействия внешних и внутренних факторов на функции изменения средних объемов работ для двух объектов, а также степень влияния различных факторов на ход строительства с помощью преобразования Фурье, непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований.

4. Разработан алгоритм исключения критических отклонений функции изменения средних объемов работ, возникающих в результате воздействия различных внешних и внутренних факторов.

5. Разработаны интегральные статистические показатели квалификации, отражающие индивидуальные оценки каждого рабочего – от теоретических знаний до практических навыков в строительной области, разработана методика расчета среднего интегрального показателя квалификации смены, определена эффективность применения интегральных показателей квалификации.

6. Проведено исследование математических зависимостей между параметрами строительного процесса в монолитном домостроении: средним интегральным показателем квалификации смены, количеством рабочих в смену и средним ежедневным объемом выполненных работ. Введена функция выработки и функция оптимизированного объема работ, значения которой следует использовать в качестве норматива для календарного планирования.

7. Разработаны методика и компьютерный инструментарий (программа-макрос на базе программы Excel) повышения организационно-технологической надежности монолитного домостроения, позволяющие совершенствовать календарный план и график движения рабочих, с учетом разработанных математических моделей, внутренних и внешних факторов, воздействующих на ход строительства.

8. Выполнено календарное планирование строительства на основе разработанной методики и программы-макроса при математическом моделировании объемов работ.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Романович М. А.** Корректировка календарного плана ремонтно-строительных работ на основе метода замещения плановых работ / Д. П. Ильченко, Т. Л. Симанкина, М. А. Романович // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 2 (37). – С. 125-130 (0,4 п.л./0,15 п.л.).

2. **Романович М. А.** Математическое моделирование квалификации рабочего / М. А. Романович // Вестник ИрГТУ. – 2014. – №12. – С. 135-139 (0,31 п.л.).

3. **Романович М. А.** Применение спектрального анализа процесса изменения ежедневных объемов работ для календарного планирования / М. А. Романович // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/121-19053> (0,5 п.л.).

4. **Романович, М. А.** Интегральная оценка рейтинга квалификации строительных рабочих / М. А. Романович, Т. Л. Симанкина, Д. П. Ильченко // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 5. – С. 73-77 (0,31 п.л. /0,15 п.л.).

Публикации в других изданиях:

5. **Романович, М. А.** Использование металлических конструкций в целях повышения надежности объектов недвижимости / М. А. Романович // Сборник материалов XXXVIII МНПК / СПбПУ. – СПб, 2009. – С. 95-96 (0,13 п.л.).

6. **Романович, М. А.** Повышение надежности объектов недвижимости: подходы к реконструкции ветхого жилого фонда / М. А. Романович // Актуальные проблемы современного строительства: 63-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 111-115 (0,31 п.л.).

7. **Романович, М. А.** Повышение организационно-технологической надежности подготовки строительного процесса на основе совершенствования системы технического учета объектов недвижимости / М. А. Романович // Актуальные проблемы современного строительства и пути их эффективного решения: материалы международной научно-практической конференции 10-12 октября 2012 г. / СПбГАСУ. – В 2 ч. Ч. II. – СПб, 2012. – С.161-164 (0,25 п.л.).

8. **Романович, М. А.** Учет влияния квалификации рабочих на скорость и качество строительства / М. А. Романович // Актуальные проблемы строительства и архитектуры: Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов / СПбГАСУ. – СПб, 2013. – С. 97-99 (0,19 п.л.).

9. **Романович, М. А.** Математическое моделирование при определении квалификационного состава бригад / М. А. Романович // Актуальные проблемы строительства: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов / СПбГАСУ. – СПб, 2014. – С. 154-156 (0,19 п.л.).

10. **Романович, М. А.** Выявление закономерностей основных параметров строительного процесса / М. А. Романович // Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства: сборник научных трудов участников межвузовского научно-практического семинара – СПб, 2015. – №18. – С. 135-139 (0,31 п.л.).

Компьютерная верстка В. Е. Королёвой

Подписано к печати 14.07.15. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,1. Тираж 120 экз. Заказ 65.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 5.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

