

Министерство Образования Азербайджанской Республики
Азербайджанской Архитектурно – Строительный Университет

На правах рукописи

АБДУЛЛАЕВ ГАСЫМ ИСРАФИЛ ОГЛЫ

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ
ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Специальность: 3333.01. организация производство
(строительство)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Баку - 2016

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете.

Официальные

оппоненты: Доктор технических наук, профессор
В.З.Величкин

Доктор технических наук, профессор
С.Г.Бабаев

Доктор технических наук, профессор
И.Н.Ширинзаде

Ведущая организация: Азербайджанский Технический Университет

Защита состоится « 24 » июня 2016 года в 12⁰⁰ час. на заседании разового Диссертационного Совета при Азербайджанском Архитектурно-Строительном Университете по адресу: Аз 1073, Баку, ул. А.Султановой, 11, Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, 1-й учебный корпус, актовый зал, комната 317.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского Архитектурно-Строительного Университета.

Автореферат разослан « 23 » мая 2016 г.

Учёный секретарь
Диссертационного Совета В/Д 02.042,
д.ф. по физ.-мат.н., доцент

Исаев А.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований обусловлена существенным усилением влияния в последние годы инвестиционных процессов на развитие экономики страны, в том числе и в строительной индустрии. Это связано с привлечением значительного объема инвестиций, требующих своевременного, качественного, точного по срокам и затратам, надежного исполнения реализуемых строительных программ.

При строго обозначенных объемах инвестиций и наличии конкурентов строительные фирмы нацелены на совершенствование технологий, организации и управления, а также на снижение себестоимости строительно-монтажных работ. Одним из условий снижения стоимости работ и повышения уровня организации строительства является тщательная разработка календарных планов и графиков, способствующих выполнению основных технико-экономических требований с высоким уровнем надежности. Для реализации данных требований необходимо соединение процессов проектирования, подготовки производства строительных работ и управления строительством в общий технологический и информационный процесс, согласование потребности в финансовых, трудовых и материально-технических ресурсах с их наличием по времени поступления.

Строительный контроль за ходом строительства ведётся без использования количественных показателей, прогнозирования развития строительных процессов и обоснования критических значений отклонений по условию своевременности и качества завершения работ. Поэтому малоинформативные результаты контроля не являются полноценной доказательной базой для оценки соответствия окончания этапов работ и завершенности объекта установленным требованиям. Проблема состоит в несовершенстве научных основ, системного подхода, методов контроля и оценки качества и сроков возведения гражданских зданий и сооружений с учетом уровня системы обеспечения своевременности строительства, точности технологических процессов и показателей надежности.

Современный уровень решения проблемы. Одним из наиболее ресурсоемких направлений современного строительства является возведение комплексов инженерных сооружений, характеризующихся значительной протяженностью, существенной конструктивной

сложностью и разнообразием. Так, при строительстве автомобильных дорог, линий электропередач, при строительстве подземных тоннелей различного назначения требуются значительные объемы инвестирования, сложная и разнообразная техника и оборудование. Однако большинство таких линейно-протяженных сооружений (ЛПС) обладают рядом общих организационно-технических качеств, которые могут при разумной организации и управлении способствовать значительному снижению основных видов затрат. Эти сооружения наиболее пригодны к поточной организации работ, к построению графиков с ритмичным производством работ с высоким уровнем надежности. Такие сооружения обладают хорошими возможностями для весьма эффективного и экономичного применения техники и производственных машин, для организации высокопроизводительного технологического процесса.

Совершенствование управления строительством линейно-протяженных сооружений на базе применения новых информационных и управленческих технологий дает также значительный экономический эффект и становится в условиях коммерческих отношений и рынка подряда важнейшей проблемой, требующей первоочередного решения. Это связано с тем, что при развитии коммерческих отношений в строительстве развиваются процессы укрупнения строительных фирм, формируются системы материально-технического обеспечения строительства, усиливаются связи кооперации, повышается финансовая ответственность за нарушение договорных обязательств. В условиях конкуренции, необходимости выживания строительных организаций при появлении экономических кризисов и возникновении вопросов ликвидности в строительстве, повышение организованности и эффективности процессов возведения линейно-протяженных сооружений способствует стабилизации как всей строительной отрасли, так и ее отдельных направлений.

Направленность научно-методологических исследований в области совершенствования технологии и организации строительных работ (в том числе по надежности производственных процессов) определили труды многих ученых: А.А.Афанасьева, В.А.Афанасьева, С.Н.Булгакова, С.Г.Головнева, А.А.Гусакова, Н.Н.Данилова, Л.М.Колчеданцева, Б.М.Красновского, Б.А.Крылова, Ю.Б.Монфреда, П.П.Олейника, М.Д.Спектора, В.И.Теличенко, Р.И.Фокова, В.П.Хибухина и др. Однако, работ системно рассматривающих воп-

росы оценки и технологического обеспечения надежности строительных процессов, влияния организационно-технологических факторов на качество и своевременность выполнения комплексов работ, при достаточно глубоком рассмотрении не установлено. Требуют дальнейшего совершенствования теоретические основы мониторинга и оценки надежности процессов, проектирования технологии и организации работ, ориентированных на обеспечение необходимого уровня своевременности завершения строительства объектов.

Ряд важных разделов этой проблемы требует дальнейших работ, и прежде всего в области совершенствования структур управления и информационных технологий, в организации строительства ЛПС поточными методами с обеспечением высокой степени надежности и с учетом минимизации экономических и технологических рисков и потерь.

Таким образом, для эффективной реализации инвестиционных проектов при обеспечении нормальной работы строительных организаций в условиях коммерческих отношений необходимо и на этапах календарного планирования предусматривать способы снижения всех видов рисков и потерь. Одним из направлений решения данной проблемы является резервирование времени и основных ресурсных составляющих инвестиционной программы. Это требует осуществления комплексных исследований, теоретических разработок и формирования практических рекомендаций.

В этой связи **целью диссертационных исследований** является разработка методологических положений по оценке уровня организационно-технологической надежности реализации элементов инвестиционных программ, развитие теоретических основ планирования и управления строительством ЛПС с применением моделей и методов формирования оптимальных управляющих решений и информационных технологий управления, обеспечивающих повышение эффективности строительного производства и надежности своевременного ввода в эксплуатацию ЛПС.

Поставленная цель диссертационных исследований определила необходимость решения следующих задач:

1. Исследование закономерностей управления и определение параметров организационно-технологической надежности (ОТН) при строительстве ЛПС.
2. Совершенствование методов формирования организационно-

ных структур управления с учетом функционально-интегрированной информационной технологии.

3. Исследование влияния резервов трудовых, технических и временных ресурсов на показатели вероятности и надежности планов строительства ЛПС.

4. Выявление и формализация закономерностей управления строительством ЛПС при оптимизации уровня надежности.

5. Разработка новых методов моделирования и оптимизации организационно-технологических решений, календарного планирования и управления строительством ЛПС при заданном уровне ОТН.

6. Формирование методов оценки эффективности принимаемых управленческих решений и оценки уровня организационно-технологической надежности реализации проектных, снабженческих и управленческих программ.

7. Формирование теоретических основ компьютерной технологии обработки информации и построение управленческих решений при заданном уровне надежности в условиях строительства ЛПС.

Объектом исследований является система управления и реализации элементов инвестиционных программ в виде планов и графиков при строительстве линейно-протяженных сооружений (ЛПС).

Предметом исследований принята технология управления организационно-технологическими параметрами процесса строительства линейно-протяженных сооружений (ЛПС).

Границы исследований определены в рамках набора разновидностей линейно-протяженных сооружений, основными из которых являются тоннели и линии метрополитена.

Методика исследований и достоверность результатов. Исследование организационно-технологической надежности управления строительством ЛПС и задачи, вытекающие из цели настоящей работы, решались в комплексе аналитическим и экспериментальным методами с использованием научных основ функционирования строительной системы в целом, а также ее производственной и управленческой подсистем.

Достоверность исследований, на которые опираются научные положения, выносимые на защиту, обосновывались с использованием широко известных и специальных методов.

Методика решения отдельных вопросов, связанных с ОТН в условиях строительства ЛПС метрополитена, базировалась на вы-

полненном глубоком анализе современного состояния строительства ЛПС, построения устойчивых и надежных критериев планирования и управления, а также финансово-экономических параметров.

Аналитические исследования по выбору научно-методического подхода к решению проблемы, с оценкой выделенных технологических, производственных и организационных параметров подсистем управления и ОТН в целом, были выполнены с применением современных положений теории надежности.

Научная новизна полученных результатов исследований заключается в разработке методологии формирования поточной организации работ с заданным уровнем надежности на основе учета создаваемых резервов временных и технологических ресурсов. Сформулированы теоретические основы и предложены расчетные зависимости организационно-технологической надежности от структуры и объемов резервируемых ресурсов. Сформированы методологические основы управления реализацией элементов инвестиционных процессов с применением календарного планирования.

Совокупность рассмотренных в диссертации положений, сформулированных закономерностей, теоретических разработок, предложенных моделей и методов представляют собой теоретические и методологические основы для практической оценки рисков инвестиционных строительных программ и надежности их реализации. В процессе исследований выполнены следующие этапы:

1. Установлены закономерности управления строительством ЛПС и определены параметры организационно-технологической надежности принимаемых и реализуемых решений.
2. Разработаны методы формирования организационных структур управления с учетом темпов строительства ЛПС и согласованной с ними функционально-интегрированной информационно-управляющей системы управления.
3. Предложены организационно-технологические модели строительства ЛПС поточно-скоростными методами с заданными значениями ОТН.
4. Разработаны методы моделирования и оптимизации управляющих решений на основе принятых календарных планов и складывающейся обстановки при строительстве ЛПС.
5. Разработаны методы формирования организационных структур управления с учетом темпов строительства ЛПС и сог-

ласованной с ними функционально-интегрированной информационной системы управления.

6. Сформированы методы оценки эффективности принимаемых управленческих решений и оценки уровня организационно-технологической надежности в процессе строительства.
7. Разработаны основные положения компьютерной технологии обработки управляющей информации и построения управляющих решений при заданном уровне надежности в складывающихся условиях строительства ЛПС.

Практическая значимость работы обусловлена возможностью активного применения моделей и методов при разработке и повышении эффективности инвестиционных программ, при управлении процессом их реализации с целью понижения общего рейтинга показателей риска. При выполнении необходимых уточнений методы оценки надежности планов и проектов могут применяться не только для тоннелей и линий метрополитена, но и для других крупных строящихся объектов.

Разработаны модели, алгоритмы, математические зависимости, положения и рекомендации, которые предназначены для практического использования:

при формировании и корректировке управленческой структуры строительной организации на период возведения ЛПС;

при разработке организационно-технической документации по подготовке, организации, планированию и управлению строительством ЛПС;

при составлении нормативно-директивной и руководящей документации в процессе строительства ЛПС для достижения основных установленных показателей;

при разработке и внедрении программных комплексов обработки информации в процессе управления строительством ЛПС;

в учебном процессе при подготовке специалистов по созданию крупных линейно-протяженных объектов.

На защиту выносятся:

Методы и модели формирования плановых и управленческих структур и согласования их со сроками и заданными показателями строительства ЛПС.

Установленные закономерности процесса строительства ЛПС и сформированные параметрические зависимости для определения

уровня надежности выполнения плановых показателей.

Комплекс многовариантных организационно-технологических моделей возведения объектов строительства, ориентированных на заданные уровни надежности их реализации.

Принципы и методы оценки качества разрабатываемых управленческих решений, эффективности и надежности их реализации в процессе строительства ЛПС.

Функционально-интегрированные компьютерные технологии обработки управленческой информации и выработки управляющих решений с заданным уровнем надежности их реализации.

В совокупности полученные результаты представляют теоретические основы формирования организационно-технологической надежности управления строительством ЛПС.

Апробация результатов исследований.

Основные положения разработанной диссертации представлялись и докладывались на: отраслевых научно-технических совещаниях по совершенствованию проектирования и строительства ЛПС, снижению строительных рисков при реализации проектов и внедрению компьютерных технологий;

международной технической конференции по проблемам повышения эффективности управления инвестиционными процессами при строительстве линейных объектов;

публикуемых материалах в отечественных и вузовских сборниках научных трудов.

Результаты исследований вошли в предварительные проработки по развертыванию строительства объектов метрополитена Азербайджана. Программные комплексы управления строительством разработаны при непосредственном участии автора и внедрены при создании таких станций метрополитена как Насими, Азадлыг, Дарнагюль и линий между ними.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в виде монографии, научных статей, тезисов и материалов конференций; всего 23 публикаций. Кроме того, опубликована 31 работа технического содержания.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 217 стр. текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационных исследований, раскрыты цель и задачи работы, показаны научная новизна и практическая значимость. В содержании определены основные методы и пути решения сформулированной проблемы.

В первой главе выполнен анализ проблемы надежности проектов организации строительства линейно-протяженных сооружений (ЛПС) и сформулированы задачи исследования. С этой целью рассмотрено развитие строительного производства ЛПС, которое характеризуется постоянным усложнением основных технологических процессов проходки и обустройства тоннелей.

Известно, что полное содержание понятия «надежность» в технике включает безотказность, ремонтпригодность, монтажепригодность, долговечность и сохраняемость. Однако, определение надежности с учетом всех ее составляющих элементов применительно к строительным процессам представляет собой достаточно сложную проблему. Для решения данной проблемы, применительно к ЛПС – тоннелям и линиям метрополитена, требуются с одной стороны теоретические исследования по расчету составляющих показателей и объединение результатов в обобщенный уровень надежности. С другой стороны необходимы исследования по обеспечению высокого уровня надежности за счет прежде всего резервирования ресурсов и организации соответствующего качества управления.

Высокая эффективность и надежность своевременного выполнения комплекса работ на линейно-протяжных сооружениях, для качественного освоения выделенных инвестиций, обеспечивается тщательно разработанным календарным планом их возведения. Для повышения надежности календарных планов целесообразно введение структурной и временной избыточности за счет альтернативных технологий, альтернативной последовательности и очередности цепей работ, некоторой избыточности ресурсов и запасов времени при назначении продолжительности работ.

Другим важным направлением повышения надежности реализации инвестиционных программ является качественное функционирование системы управления. Организация интенсивных циклов контроля и выработки управляющих решений (циклов управления)

обеспечивает своевременную компенсацию возникающих отклонений и высокий уровень надежности. Продолжительность цикла управления $T_{упр}$ определяет безотказность, ремонтпригодность и долговечность разработанного календарного плана.

$$T_{упр} = t_{св} + t_{инф} + t_{пр} + t_{исп} + t_{пер}, \quad (1)$$

где $t_{св}$ - продолжительность периода выполнения плана без существенных отклонений - безотказная работа;

$t_{инф} + t_{пр} + t_{исп} + t_{пер}$ – продолжительность сбора информации, выработки управляющего решения, передачи его исполнения и реализации текущего решения соответственно – продолжительность восстановления работоспособности функционирующего плана (ремонтпригодность).

Ряд постоянно выполняемых циклов управления обеспечивают определенную долговечность принятого календарного плана. Совершенствование организационных структур и форм управления строительным производством способствуют повышению эффективности всего инвестиционного процесса. Построение всей системы планирования и управления для целей строительства ЛПС требует решения указанных выше задач в интересах достижения высокого уровня надежности.

Выбор наиболее значимых направлений исследований выполнялся также экспертной их оценкой методом ранжирования факторов, что позволило подтвердить наиболее значимые из них.

Во второй главе обобщены результаты исследований методов планирования и управления строительством ЛПС и оценки их эффективности по обеспечению качества и надежности календарных планов инвестирования.

Методология планирования и управления строительством любых объектов должна опираться на определенные принципы, положения и правила. Для достижения высокого уровня надежности наиболее важными являются принципы научности, единства и неразрывности процессов планирования и управления, экономичности, непрерывности процессов планирования и управления, согласования структуры аппарата управления с задачами производства. Реализация данных принципов и достижение высоких значений показателей надежности возможно на основе анализа процесса строительства ЛПС по изменениям его основных параметров.

К этим параметрам можно отнести соответствие потребности

всех видов ресурсов их наличие, средний темп выполнения плановых показателей, степень готовности строящегося объекта, надежность выполнения плановых показателей, оперативность реагирования органа управления. Продолжительность цикла управления (выражение 1) – оперативность реагирования органа управления – в значительной степени определяет значение многих параметров процесса строительства. Фактическую и прогнозируемую степень готовности объекта в любой момент времени t можно определить из выражения

$$G^{\Phi} = G^{\Pi} \times t - \sum_{f=1}^F K_{сн_f} \times g_f^{\Pi} \times (t_{инф} + t_{реш} + t_{пер}) + \sum_{f=1}^F K_{пов_f} \times g_f^{\Pi} \times t_{св_f}, \quad (2)$$

где F - количество циклов управления за время t ;

$K_{сн_f}$ - коэффициент фактического снижения запланированного темпа роста готовности объекта за один цикл управления f ;
 $K_{сн} \leq 1$;

$K_{пов_f}$ - коэффициент принятого повышения темпа роста готовности объекта за один цикл управления f для нейтрализации негативного воздействия сбоев и задержек; $1 \leq K_{пов}$.

$$t = \sum_{f=1}^F t_{инф_f} + t_{реш_f} + t_{пер_f} + t_{св_f}; \quad (3)$$

$$G^{\Pi} = g^{\Pi} \times t; \quad (4)$$

G^{Π} - запланированный темп роста готовности объекта в единицу времени.

Поддержание принятых значений параметров процесса строительства и запланированного темпа роста готовности объекта обеспечивается эффективностью и качеством управления. Качество управления строительством ЛПС применительно для всей системы управления можно характеризовать следующими обобщенными показателями:

- степень соответствия фактических показателей процесса строительства плановым - $Псп$;
- уровень качества строительной продукции - $Пкп$;
- экономичность функционирования строительной системы - $Пэс$;
- надежность строительной системы - $Пнс$.

На основе показателей качества сформированы критерии качества управления строительством и предложены зависимости:

$$K_{\text{сп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m^1} (\text{Псп}_i^{\text{П}} - \text{Псп}_i^{\Phi})}{\sum_{i=1}^{m^1} \text{Псп}_i^{\text{П}}}; \quad (5)$$

$$K_{\text{кп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m^2} (\text{Пкп}_i^{\text{Т}} - \text{Пкп}_i^{\Phi})}{\sum_{i=1}^{m^2} \text{Пкп}_i^{\text{Т}}}; \quad (6)$$

$$K_{\text{эс}} = \frac{\sum_{i=1}^{m^3} (\text{Зэс}_i^{\Phi} - \text{Зэс}_i^{\text{П}})}{\sum_{i=1}^{m^3} \text{Зэс}_i^{\text{П}}}; \quad (7)$$

$$K_{\text{нс}} = \frac{\sum_{i=1}^{m^4} (\text{Ннс}_i^{\text{П}} - \text{Ннс}_i^{\Phi})}{\sum_{i=1}^{m^4} \text{Ннс}_i^{\text{П}}}, \quad (8)$$

где $K_{\text{сп}}$, $K_{\text{кп}}$, $K_{\text{эс}}$, $K_{\text{нс}}$ - критерии соответствия фактических показателей плановым, уровню качества строительной продукции, экономичности строительной продукции и надежности строительной системы соответственно;

m^1 , m^2 , m^3 , m^4 - количество принятых показателей процесса строительства, показателей (параметров) качества строительной продукции, видов затрат на производство и управление, параметров надежности строительной системы соответственно;

$\text{Псп}_i^{\text{П}}$, $\text{Пкп}_i^{\text{Т}}$, $\text{Зэс}_i^{\text{П}}$, $\text{Ннс}_i^{\text{П}}$, - плановое или требуемое значение i -ых показателей процесса строительства, качества строительной продукции, затрат и надежности соответственно;

Псп_i^{Φ} , Пкп_i^{Φ} , Зэс_i^{Φ} , Ннс_i^{Φ} - то же, фактическое значение.

Значения критериев качества управления строительством ЛПС в выражениях 5, 6, 7, 8 изменяются в пределах от 0 до 1 и не имеют размерности. Тогда можно рассчитать значение обобщенного критерия качества управления.

$$K_{\text{об}} = \frac{(B_1 \times K_{\text{сп}} + B_2 \times K_{\text{кп}} + B_3 \times K_{\text{эс}} + B_4 \times K_{\text{нс}})}{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}. \quad (9)$$

Установленные показатели качества управления и рассчитываемый обобщенный критерий позволяют организовать процесс оптимизации уровня управления строительством. В качестве целевой функции выражение 9 принимает вид $K_{\text{об}} \rightarrow 0$. Уровень значимости критериев качества B_1 , B_2 , B_3 , B_4 устанавливает аппарат управления. Рассмотренные показатели и критерии качества управления оказывают ощутимое влияние на уровень экономической эффективности всей строительной системы.

Экономическую эффективность можно оценивать прямым расчетом достигнутого сокращения необходимых затрат по строи-

тельной системе или расчетом относительного показателя, который характеризует соотношение затрат на управление и полученной экономии в производстве или отношение общих затрат на управление и общего объема созданной строительной продукции. Сокращение затрат по строительной системе определяется как экономия при работе органа управления (Эу) и экономии в производственной сфере (Эп).

$$\text{Эобщ} = \text{Эу} + \text{Эп}. \quad (10)$$

Экономия при работе органа управления включает в себя экономию при совершенствовании организационной структуры, сокращение заработной платы персонала структурных подразделений, сокращение затрат на обработку информации, сокращение затрат на применение оргтехники и др. Экономия в производстве достигается за счет качественной работы органа управления. Она включает стоимость дополнительно выпущенной строительной продукции, экономию трудовых, технических, материальных и финансовых ресурсов, а также экономию от повышения качества инвестирования, качества строительной продукции и повышения уровня надежности.

Экономическую эффективность управления строительством можно оценить через отношение затрат на функционирование аппарата управления и достигнутого уровня затрат на выполнение основных плановых показателей. Тогда вместо выражения 10 можно рассматривать зависимость

$$\text{Эобщ}^{\text{от}} = \frac{3y}{3п} . \quad (11)$$

Затраты на функционирование аппарата управления $3y$ можно определить как сумму затрат на эксплуатацию основных фондов управления ПФ, объема нормируемых оборотных средств ОС и фонда заработной платы ФЗ.

$$3y = \text{ПФ} \times \text{Ext} + \text{ФЗ} \times t + \frac{\sum_{i=1}^t \text{OC}_i}{t} . \quad (12)$$

Затраты на выполнение основных плановых показателей складываются из суммы затрат на применение основных производственных фондов ПФП, эксплуатационных затрат по основным производственным фондам Эпф, затрат на приобретение материалов и конструкций Змк, затрат по фондам заработной платы Фзп, затрат по накладным расходам Знр.

$$Зп = ПФПхExt + Эпфхt + \sum_{i=1}^t (Змк_i + ФЗп_i + Знр_i) \quad (13).$$

В упрощенном варианте эффективность управления можно определить из отношения

$$Эобщ^{уп} = \frac{Зу^{см}}{G^Ф}, \quad (14)$$

где $Зу^{см}$ - затраты на управление по смете расходов;

$G^Ф$ - фактический объем выполненных СМР (готовность объекта).

Выражения 10, 11, 14 могут применяться в качестве целевых функций или как определенные ограничения при оптимизации планов строительства ЛПС по их организационно-технологической надежности.

Рассматривая организационно-технологическую надежность как вероятность завершения строительства объекта ЛПС в установленные календарным планом сроки при выполнении запланированного объема работ, можно принять нормальное распределение разброса объемов выполнения за установленный срок

$$P(V1 \leq V_{пл} \leq V2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \int_0^{V2} e^{-\frac{V_{пл}^2}{2}} dx - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \int_0^{V1} e^{-\frac{V_{пл}^2}{2}} dx, \quad (15)$$

где $P(V_{пл})$ - вероятность выполнения планового объема СМР за установленный срок $T_{пл}$;

$$V_{пл} = g^П \times T_{пл}; \quad V1 = \sum_{f=1}^F V_{упр_f}; \quad V2 = g^Ф \times T_{пл}. \quad (16)$$

F – количество циклов управления за период строительства $T_{пл}$.

Затраты на поддержание требуемого уровня надежности с необходимым значением вероятности возникают за счет назначенных схем дублирования технологии и резервирования ресурсов. Эти затраты ($З_{тун}$) складываются из затрат на резервирование материально-технических ресурсов - $З_{рр}$, на резервирование сроков выполнения работ - $З_{рср}$, на дублирование и резервирование технологии – $З_{техн}$, а также на дублирование и резервирование организации работ - $З_{орг}$.

$$З_{тун} = \sum_{j=1}^m (З_{ррj} + З_{рсрj} + З_{технj} + З_{оргj}), \quad (17)$$

где j - вид работ, на которых производится резервирование;

m - количество рассматриваемых видов работ.

Уменьшению затрат на реализацию проекта и повышению эффективности управления способствует прогнозирование хода строительства. Рост готовности объекта целесообразно контролировать по временным отрезкам Тупр. Полученный временной ряд роста готовности объекта может использоваться для прогнозирования хода строительства и оценки результативности мер по поддержанию заданного уровня надежности. Для получения прогнозных оценок необходимо произвести экспоненциальное сглаживание, чтобы получить модель, аппроксимирующую тренд. Ожидаемое значение готовности G в момент времени $T + \tau$, где время упреждения размером 2 или 3 Тупр, можно определить по выражению

$$G(T+\tau) = \Omega^1(T) + \Omega^2(T) \cdot \tau = \left(2 + \frac{\alpha}{\beta} \tau\right) \times S(T) - \left(1 + \frac{\alpha}{\beta} \tau\right) \times S^2(T) \quad (18)$$

где

$$\begin{aligned} \Omega^1(T) &= 2 \times S(T) - S^2(T); \quad \Omega^2(T) = \frac{\alpha}{\beta} \times [S(T) - S^2(T)], \\ S(T) &= \alpha \times G(T) + \beta \times S(T-1); \quad S^2(T) = \alpha \times S(T) + \beta \times S^2(T-1). \end{aligned} \quad (19)$$

Прогноз по темпам роста готовности объекта по выражению 18 позволяет осуществить целесообразное резервирование ресурсов и сроков работ. Рассмотренный подход по расчету прогнозных оценок дает возможность сделать прогноз и по другим параметрам строительства, в том числе и по показателю надежности.

В третьей главе рассмотрены методологические основы организационно-технологической надежности процессов реализации инвестиционных проектов при строительстве ЛПС.

Достижение высокого уровня надежности плановых и управляющих решений при строительстве ЛПС возможно на основе технологических, структурных, информационных и других методов.

Реализация рассмотренных в работе подходов по повышению организационно-технологической надежности (ОТН) требует решения двух достаточно сложных теоретических проблем. К первой проблеме относится разработка способов оценки вероятности выполнения принятых плановых и управляющих решений для конкретного приема повышения надежности (метода организации работ, полученных резервов времени и ресурсов, сформированных дублирующих цепей работ, структуры управления и др.). Второй не

менее сложной проблемой является оценка уровня надежности при совместном применении нескольких методов, каждый из которых вносит свой конкретный вклад.

Если рассматривать надежность как вероятность выполнения комплексов работ в запланированные сроки U , то при повышении уровня ОТН можно записать

$$U = \varphi(p, \sum P_i, \sum T_i, \sum D_i, \epsilon), \quad (20)$$

т.е. надежность находится в некоторой функциональной зависимости от общей вероятности p выполнения рассматриваемого комплекса работ, совокупности возможных резервов различных видов ресурсов $\sum P_i$, совокупности предусмотренных резервов времени для ряда работ $\sum T_i$, совокупности дублирующих цепей работ $\sum D_i$ и схемы функционирования системы управления – ϵ . Весь опыт строительства любых сооружений и в том числе и ЛПС, а также многочисленные исследования свидетельствуют о наличии такой зависимости. Однако качественная степень корреляционной и (или) функциональной зависимости исследовалась в незначительной степени.

Одним из важнейших методов повышения уровня ОТН является формирование эффективных методов организации работ. При строительстве линий метрополитена закрытым способом в виде тоннелей и открытым способом – линий и станций, наиболее эффективными следует считать поточные методы организации работ. Их значительное разнообразие и разнообразие применяемых моделей для расчета и оптимизации организации работ требует детального исследования возникающих возможностей.

Формирование и выбор наиболее эффективной организации работ по строительству здания или сооружения закрепляется для реализации в виде определенного плана. Для формирования плана, отражающего эффективную организацию работ, необходимо применение соответствующего математического аппарата, обеспечивающего моделирование рассматриваемого строительного процесса и расчет его параметров.

На основе выполненных многочисленных исследований все возможные методы организации работ следует разделить на три основные группы. К первой группе можно отнести поточные методы организации работ.

Ко второй группе методов можно отнести, так называемые,

сетевые методы организации работ. Данные методы характеризуются организацией цепей работ, последовательность выполнения которых определяется технологическими и организационными зависимостями (связями). Одновременно учитываются в той или иной мере зависимости по фронтам работ и по наличию ресурсов (фронтальные и ресурсные связи).

Третья группа методов организации работ включает в себя различные многовариантные подходы в виде альтернативных сетей, параллельных и последовательных цепей работ, кратковременных сетей, которые проектируются и аннулируются по мере выполнения этапов строительства и др.

Методы организации работ отображаются с помощью различных моделей, позволяющих четко сформировать данный метод, рассчитать и оптимизировать весь технологический процесс.

Для оценки вероятности сроков выполнения отдельных работ или комплекса работ по мнению многих исследователей целесообразно воспользоваться подходом разработчиков системы ПЕРТ, принять за основу закон бета-распределения и остановиться на двух оценочной методике. Для поточной организации работ характерно наличие нескольких частных потоков, от своевременного завершения работ по которым зависит своевременность завершения всех работ. Поэтому оценка вероятности завершения всех работ потока в срок представляет собой актуальную и достаточно сложную задачу.

Одним из подходов расчета вероятности является последовательное рассмотрение двух цепей. Значения математического ожидания и дисперсии, а также вычисленные границы рассеивания для двух цепей, позволяют рассматривать их как одну цепь. Рассматривая эту цепь совместно с новой, можно повторить те же этапы вычислений и снова определить необходимые параметры бета-распределения. Проведенные аналогичные расчеты для всех рассматриваемых цепей работ (путей графической модели) дают возможность определить вероятность завершения всех работ в установленные сроки.

Для поточной организации работ, когда ряд частных потоков выполняются параллельно с той или иной степенью совмещения, предложено простое и эффективное выражение. Это выражение имеет эмпирическую основу и учитывает непрерывное увеличение вероятного срока окончания работ при увеличении числа парал-

тельно выполняемых работ.

$$T_{пор} = T_{расч} (1 + \Delta t_v), \quad (21)$$

где $T_{пор}$ - ожидаемая вероятная продолжительность выполнения всего комплекса работ;

$T_{расч}$ - расчетная продолжительность комплекса работ, определяемая детерминированным способом при двух или трех оценках продолжительности выполнения каждой отдельной работы по системе ПЕРТ;

Δt_v - приближенная оценка увеличения продолжительности выполнения комплекса работ при совмещении частных потоков,

$$\Delta t_v = \frac{\beta \times (n-1) \times (m+1)}{2m}; \quad (22)$$

β - коэффициент, учитывающий степень ритмичности частных потоков (0,004 - 0,025);

n - число частных потоков (цепей работ);

m - число частных фронтов работ (участков или сооружений).

Далее расчет основных показателей вероятности осуществления по известным выражениям. При расчете вероятностных показателей для корректирующих и управляющих решений учитываются только работающие частные потоки или незаконченные частные фронты работ.

Анализ практики формирования планов и их реализации показывает в большинстве случаев целесообразность создания резервов времени и ресурсов с позиций точного и надежного исполнения утвержденных показателей. Для оценки воздействия объемов резервирования времени и ресурсов на надежность календарных планов проведенные нами и многими авторами исследования показывают, что кроме рассчитанной по известным методикам вероятности необходимо учитывать ряд дополнительных показателей. К этим показателям следует отнести:

объемы резервов времени у некритических путей, цепей работ или частных потоков ($\Delta T_{рвi}$);

объемы резервов времени по директивным срокам окончания работ, путей и частных потоков ($\Delta T_{окi}$);

количественное выражение резервов по значениям назначенных приоритетов для комплексов работ и частных потоков (ΔP_{pi});

объемы резервов трудовых и технических ресурсов по

комплексам работ и частным потокам (ΔB_i , ΔA_i);

объемы резервов материальных и финансовых ресурсов по комплексам работ и частным потокам (ΔM_i , $\Delta \Phi_i$).

Так как рассмотренные показатели оказывают совместное воздействие на вероятность, то необходимо учитывать общий объем резервов. Для этого случая предложен следующий усредненный показатель

$$U_X = \frac{\sum U_X^q}{8}, \quad (23)$$

где

$$\begin{aligned} \sum U_X^q = & \left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta Tr_{ij}^n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij}^n} + \frac{\sum_{j=1}^m (Tok_j^\partial - Tok_j^n)}{\sum_{j=1}^m Tok_j^\partial} \right. \\ & + \frac{\sum_{i=1}^n (Tok_i^\partial - Tok_i^n)}{\sum_{i=1}^n Tok_i^\partial} + \\ & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\Pr_{ij}^n - \Pr_{ij}^\partial)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pr_{ij}^n} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (A_{ij}^n - A_{ij}^\partial)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{ij}^n} \\ & + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (B_{ij}^n - B_{ij}^\partial)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}^n} + \\ & \left. \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (M_{ij}^n - M_{ij}^\partial)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}^n} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\Phi_{ij}^n - \Phi_{ij}^\partial)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Phi_{ij}^n} \right] \end{aligned}$$

Здесь приняты следующие обозначения:

n и m - размер матрицы, характеризующей поточную организацию работ, где n - число видов работ или частных потоков, а m - число частных фронтов работ (захваток, частей сооружения);

t_{ij}^n - принятая по рассматриваемому календарному графику продолжительность выполнения работы i - го вида на j - ом частном фронте;

Tok_j^∂, Tok_j^n - требуемый (директивный) и запланированный срок окончания всех работ на j - ом фронте;

Tok_i^∂, Tok_i^n - требуемый (директивный) и запланированный срок окончания работ i - го вида на всех m фронтах;

$\Pr_{ij}^n, \Pr_{ij}^\partial$ - установленное (директивное) и принятое в графике значение приоритета для работы i - го вида на j - ом

частном фронте.

Остальные показатели имеют такие же значения для планируемого потока.

Сформированный усредненный показатель U_x весьма точно характеризует влияние резервов времени и ресурсов на усиление вероятности выполнения календарных планов в требуемые сроки. Поэтому предложена следующая зависимость для оценки вероятности выполнения плана в принятые сроки.

$$p(T_{пл})^{pb} = p(T_{пл}) \times (1 + \zeta \times U_x), \quad (24)$$

где ζ - уровень влияния усредненного показателя на значение показателя вероятности (обычно $\zeta = 0,7 - 1,0$).

Рассмотренные выше методы оценки вероятностных показателей и воздействие на значение этих показателей резервов времени и ресурсов позволяют предложить общий подход расчета показателя надежности для формируемых календарных планов поточной организации работ.

В четвертой главе выявлены основные теоретические положения управления строительством при оптимизации уровня надежности строительных процессов.

Как было показано выше, одним из направлений повышения уровня надежности является создание эффективной системы управления. Управление прежде всего должно быть связано с регулированием значений основных параметров строительного производства. Основные параметры можно разделить на технические – ТП, технологические – ТХП, организационные – ОП и экономические – ЭП. Поддерживаемые управлением необходимые значения параметров обеспечивают требуемые свойства строительной продукции. К наиболее важным свойствам следует отнести скорость формирования готовой строительной продукции $G_{ср}$, ее качество – $KПср$ и эффективность – $Эср$.

Рассмотренные свойства имеют соответствующую функциональную зависимость от заданных значений параметров ТП, ТХП, ОП и ЭП соответственно.

$$G_{ср} = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N F_{пр}(ТП_{tn}, ТХП_{tn}, ОП_{tn}, ЭП_{tn}) / T; \quad (25)$$

$$KПср = \sum_{n=1}^N F_{кп}(ТП_n, ТХП_n, ОП_n, ЭП_n) / N; \quad (26)$$

$$Эср = F_{эп}(ТП, ТХП, ОП, ЭП). \quad (27)$$

Здесь: T – продолжительность рассматриваемого периода управления;

N – количество рассматриваемых видов строительных работ или процессов;

$F_{пр}$, $F_{кп}$, $F_{эп}$ – обозначения функциональных зависимостей скорости создания строительной продукции, качества и эффективности от основных параметров строительного производства.

Кроме того, значительная часть параметров обладает определенной взаимозависимостью, которая может быть определена функционально. К ведущим свойствам управляющих процессов следует отнести эффективность управления - $Эуп.р.$, своевременность воздействия на производство - $СВупр.$ и надежность управления - $Нру$. Надежность управления определяется как ОТН принимаемых плановых и управляющих решений, так и надежностью работы аппарата управления ($Нру = Нотн + Ну$). На основе анализа практики управления можно записать

$$Эуп.р. = F_{уп.р.}(НРупр., СВупр., Физд., Нру.); \quad (28)$$

$$СВупр. = F_{св.упр.}(СТупр., Тцикл., Уком., НРупр.); \quad (29)$$

$$Нру. = F_{н.р.}(Тцикл., СТупр., Уком., НРупр., K^{0отн.}). \quad (30)$$

Здесь - $F_{уп.р.}$, $F_{св.упр.}$, $F_{н.р.}$ - соответствующие функциональные зависимости.

Все выявленные параметры строительного производства оказывают существенное влияние на уровень эффективности работы системы управления.

Эффективность функционирования системы управления $Эуф$ на фоне улучшения организационно-технологических параметров строительства (уровня организационной структуры, уровня ОТН, продолжительности цикла управления) можно оценить как сумму ряда экономических эффектов.

$$Эфу = Эмк + Эсмм + Эуто + Эусс, \quad (31)$$

где: $Эмк$ - годовой экономический эффект, возникающий при закупке требуемых и экономически эффективных строительных материалов и конструкций;

$Эсмм$ - годовой экономический эффект от применения наиболее целесообразных и эффективных строительных машин и механизмов;

$Эуто$ - годовой экономический эффект от применения современной организации и технологии выполнения работ, определяющей уровень ОТН;

Эусс - годовой экономический эффект, возникающий при сокращении сроков строительства объекта.

Для рассмотренных функциональных зависимостей в работе предложены конкретные выражения, позволяющие осуществлять процессы оптимизации значений основных параметров. Принятые наиболее рациональные значения параметров организации и технологии строительства ЛПС на этапе планирования обеспечивают достаточный уровень ОТН и экономической эффективности.

Для комплексного решения задачи строительства ЛПС с высоким уровнем надежности **в пятой главе** разработан комплекс моделей формирования планов строительства линий метрополитена и их реализации без существенного снижения уровня ОТН на любом этапе выполнения проекта.

Функционирование всей системы управления в этом случае должно быть подчинено единой стратегии управления и направлено на обеспечение необходимого уровня надежности. Формирование единой стратегии на весь период строительства и реализация ее при планировании, мониторинге, прогнозировании, регулировании и т.п. невозможно без единого, общего подхода ко всему процессу управления в виде обобщенной модели.

Задачей управления является формирование вектора управления R , обеспечивающего создание запланированного комплекса сооружений силами производственной системы за период времени $T_{дир.}$ с учетом потребных и выделенных размеров основных показателей. При этом частота формирования и глубина воздействия управляющего вектора должны обеспечить высокую надежность строительства ЛПС в заданные сроки при минимальных затратах. В соответствии с этим обобщенная модель включает в себя следующие элементы.

1. Выработка исходных и промежуточных плановых решений. Сформировать вектор управления R по взаимодействию системы ЛПС и производственной системы, обеспечивающий оптимальное значение надежности реализации разработанной плановой структуры

$$U^0 = F_{пл}(R) \rightarrow \text{opt}, \quad (32)$$

при условиях

$$\Phi c^0 = F_{\Phi}(R) \leq \Phi c^w; \quad (33)$$

$$M^0 = F_m(R) \leq M^w; \quad (34)$$

$$A^0 = F\alpha(R) \leq A^w; \quad (35)$$

$$B^0 = F\beta(R) \leq B^w; \quad (36)$$

$$T^0_{ок} \leq T^d_{ок}; T^0_{пр.} \leq T^d_{пр.}; Пр^0 \leq Пр^d; \quad (37)$$

$$H^0 = F^h(\Phi c^0, M^0, A^0, B^0, T^0_{ок}, T^0_{пр.}) \geq H_{зад}. \quad (38)$$

Здесь: $\Phi c^0, M^0, A^0, B^0$ - векторы экономико-финансовой структуры, потребления материальных ресурсов, применяемых технических ресурсов, используемых трудовых ресурсов соответственно;

$\Phi c^w, M^w, A^w, B^w$ - векторы экономико-финансовых возможностей, возможностей представления для строительства материальных, технических и трудовых ресурсов соответственно;

$T^0_{ок}, T^0_{пр}, Пр^0$ - векторы сроков окончания строительства сооружений, продолжительности строительства и приоритетов сооружений соответственно;

$T^d_{ок}, T^d_{пр}, Пр^d$ - векторы предельно допустимых сроков окончания строительства сооружений, продолжительности строительства и приоритетов сооружений соответственно;

H^0 - вектор надежности реализации плановой структуры строительства ЛПС.

2. Определение режима контроля и управления. Определить продолжительность цикла управления, обеспечивающую возможность достижения минимального отклонения фактического темпа строительства от планового

$$\Delta G_{пл} = F_{упр}(R) \rightarrow \min, \quad (39)$$

при условиях

$$\Delta G = Ft(T_{упр}); \quad (40)$$

$$\text{гув. } x T_{упр.} > \Delta G. \quad (41)$$

3. Формирование состояния строительной системы на момент времени Трасч.

$$\Delta Gt = Ft(\Delta \Phi c_t, \Delta Mt, \Delta At, \Delta Bt, \Delta T_{ок.t}, \Delta T_{пр.t}), \quad (42)$$

при условиях

$$\Delta \Phi c_t = \Phi c_t - \Phi_{спл.}; \quad (43)$$

$$\Delta Mt = Mt - M_{пл.}; \quad (44)$$

$$\Delta At = At - A_{пл.}; \quad (45)$$

$$\Delta Bt = Bt - B_{пл.}; \quad (46)$$

$$\Delta T_{ок.t} = T_{ок.t} - T_{ок.пл.}; \quad (47)$$

$$\Delta T_{\text{пр.т}} = T_{\text{пр.т}} - T_{\text{пр.пл.}} \quad (48)$$

4. Прогнозирование развития строительной системы за время Трасч. Рассчитать прогноз роста готовности объекта и определить период соответствия плановым значениям

$$G_t = \Omega_1 + \Omega_2 x_t \rightarrow G_{\text{тпл.}}, \quad (49)$$

при условиях

$$\Omega_1 = 2S(T) - S^2(T); \quad (50)$$

$$\Omega_2 = \frac{\alpha}{\beta} \times [(S(T) - S^2(T))]. \quad (51)$$

5. Выработка текущих управляющих решений. Сформировать вектор регулирования и управления $R_{\text{упр.}}$, обеспечивающий минимальное отклонение уровня надежности от принятого по реализуемому плану

$$\Delta U^t = F_{\text{упр}}(R^t_{\text{упр}}) \rightarrow \min, \quad (52)$$

при условиях

$$\Phi c^t = F_{\Phi}(R^t_{\text{упр}}) \leq \Phi c^w; \quad (53)$$

$$M^t = F_m(R^t_{\text{упр}}) \leq M^w; \quad (54)$$

$$A^t = F_a(R^t_{\text{упр}}) \leq A^w; \quad (55)$$

$$B^t = B_{\beta}(R^t_{\text{упр}}) \leq B^w; \quad (56)$$

$$\Delta H^t = F_h(\Phi c^t, M^t, A^t, B^t, T^t_{\text{ок.}}, T^t_{\text{пр.}}) - H^0. \quad (57)$$

Рассмотренная обобщенная экономико-математическая модель планирования и управления позволяет после конкретизации по определенному уровню управления осуществлять реализацию строительного проекта строго по утвержденной программе.

Структура формирования проектных решений предполагает автоматизированное формирование решений и расчета уровней надежности на основе соответствующих программ компьютерной обработки. В укрупненном варианте процесс формирования организационно-технологических решений нашло отражение в виде соответствующей блок-схемы. Ввод исходных данных в виде значений конкретных организационно-технологических параметров и объемов выделенных ресурсов может осуществляться автоматически из действующей информационной системы или вручную с клавиатуры компьютера.

В шестой главе предложены методы построения управленческих структур и всей информационной системы управления

строительством ЛПС на основе информационной технологии. Наиболее эффективным и достоверным способом расчета структуры и численности отделов и служб управления является выявление основных функций управления, набор представленной статистики и установление функциональных зависимостей. Для выполнения задач организационно-технологического управления строительством ЛПС целесообразно выделить следующие функции:

- планирования и прогнозирования выполнения комплексов работ и развития строительства сооружений - функция планирования - ФУпл;

- организационное обеспечение, технологическая подготовка, организация и руководство работами по возведению зданий и сооружений ЛПС - производственно-техническая функция - ФУпт ;

- обеспечение строительства материалами, деталями и конструкциями - функция снабжения - ФУсн;

- мониторинг процесса строительства, диспетчеризация и оперативное руководство - функция оперативного руководства - ФУор.

На расчетную численность исполнителей по функциям управления оказывает значительное влияние степень автоматизации обработки информации и выработки управляющих решений, а также уровень достигаемой надежности. В общем случае можно воспользоваться коэффициентами корректировки по степени автоматизации и уровню надежности.

$$K = (1 - \varphi) \mu, \quad (58)$$

где φ - коэффициент автоматизации, характеризующий объем управленческих работ, выполняемый в условиях автоматизации;

μ - коэффициент, характеризующий влияние уровня надежности на объем выполняемых управленческих работ.

Тогда, например, при расчете численности персонала по планированию и прогнозированию выполнения комплекса работ можно применять следующую формулу, полученную на основе анализа статистики

$$\text{ФУпл} = 0,44 \times \text{Смр}^{0,23} \times \text{Корт}^{0,31} \times \text{Ксоор}^{0,24} \times (1 - \varphi_{\text{пл}}) \times \mu_{\text{пл}}. \quad (59)$$

Аналогично можно уточнить формулы расчета по другим функциям управления.

Планирование и управление проектами строительства ЛПС, на

основе предлагаемых моделей и методов построения решений с учетом достижения требуемого уровня надежности и эффективности производства, возможно путем создания комплексной информационной системы.

В составе информационной системы управления на основе выполняемых основных задач следует выделить следующие подсистемы:

- планирования финансирования строительства при реализации инвестиционного проекта;
- отслеживания заключения и прохождения договорной документации, выполнения договорных обязательств;
- календарного планирования строительства и отслеживания хода выполнения работ;
- перестроения и корректировки планов строительства и графиков производства работ;
- контроля качества строительства, своевременности и полноты выполнения комплексов работ;
- формирования обобщенной и агрегированной информации для всех участников строительства ЛПС.

В комплексной информационной системе управления строительством ЛПС рассмотренные подсистемы образуют три основных уровня - финансово-экономический уровень управления, уровень календарного планирования и уровень информационного обеспечения участников строительства ЛПС. Функционирование подсистем комплексной информационной системы должно базироваться на едином способе кодирования документов, всех участников строительного процесса, показателей производства и всей обрабатываемой информации.

Проведенные исследования по расчету вероятности и надежности в сложившихся на данный рассматриваемый момент времени условиях маневра выделенных ресурсов показали, что показатель надежности несколько меньше, чем рассчитанное значение вероятности завершения строительства в установленные сроки. Были просчитаны графики строительства северных участков метро г.Баку, станции «Аадлыг проспекти» и станции «Насими». Выполнение работ в установленные сроки было осуществлено после привлечения дополнительных ресурсов. Предварительно расчеты показали необходимость увеличения возможностей маневрирования ресурсами,

что впоследствии показала практика выполнения работ.

Повышения надежности планового строительства ЛПС требует определенных затрат, которые могут компенсироваться повышением эффективности производства. Эффект от повышения надежности принимаемых проектных решений можно определить по выражению

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_{ср} + \mathcal{E}_{дн} + \mathcal{E}_{сп} + \mathcal{E}_{кб} + \mathcal{E}_{упр}, \quad (60)$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ - эффект от сокращения общего срока строительства T_d ;

$$\mathcal{E}_{ср} = \Phi O \cdot E\phi \cdot \Delta T; \quad (61)$$

ΦO – объем основных фондов, вводимых в действие после окончания строительства;

$E\phi$ – норматив годовой экономической эффективности вводимых в действие основных фондов;

$$\Delta T = \frac{T_d}{\left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + U_{\kappa\Phi}}\right)} + \frac{T_{\Phi}}{\left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + U_{\kappa\Phi}}\right)}; \quad (62)$$

$\mathcal{E}_{дн}$ – эффект от изменения динамики освоения выделенных инвестиций.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{дн} &= \mathcal{E}_{дн}^{п+} - \mathcal{E}_{дн}^{п-} \left[C_{мо} - \frac{\sum_{i=1}^{T_d} k_i}{(1 + E_{об}^{ti})} \right] \\ &- \left[\sum_{i=1}^{T_d} k_i \times (1 + E_{ин}^{ti}) - C_{мо} \right] = \\ &= 2C_{мо} - \frac{\sum_{i=1}^{T_d} k_i}{(1 + E_{об}^{ti})} - \sum_{i=1}^{T_d} k_i \times (1 + E_{ин}^{ti}); \end{aligned} \quad (63)$$

$\mathcal{E}_{сп}$ – эффект от сокращения сопутствующих и накладных расходов при сокращении сроков строительства

$$\mathcal{E}_{сп} = \beta \times C_{мо} \times \left(1 - \frac{T_{\Phi} \times \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + U_{\kappa\Phi}}\right)}{T_d \times \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + U_{\kappa\Phi}}\right)} \right); \quad (64)$$

$\mathcal{E}_{кб}$ – эффект от сокращения расходов на оплату выданных банками кредитов для инвестирования строительства,

$$\text{Экб} = \zeta \times \text{Ик} \times \left(1 - \frac{\text{Тф} \times \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + U_{\text{х}}^{\text{д}}} \right)}{\text{Тд} \times \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + U_{\text{х}}^{\text{ф}}} \right)} \right); \quad (65)$$

$$\text{Эупр} = \text{Зупр}^{\text{д}} - \text{Зупр}^{\text{ф}}. \quad (66)$$

Затраты на управление вычисляются по известным выражениям.

Здесь:

Смо – сметная стоимость строящегося объекта;

Еоб – усредненный норматив годовой экономической эффективности средств, находящихся в обороте в бизнесе или на депозите в банке;

Еин – усредненный норматив годового резерва средств при замораживании их в строительстве для компенсации риска, кредитов банка, инфляции и др.;

Тд и Тф – директивная (первоначальная) и фактическая (после повышения надежности) продолжительность строительства объекта (ЛПС);

Ki – объем инвестиций, реализуемый в i-ый период строительства;

β – доля сметной стоимости, приходящееся на сопутствующие и накладные расходы;

ζ – размер ставок за кредиты банка величиной Ик.

Разработка плана строительства ЛПС при заданном уровне надежности с учетом расчетов по надежности достаточно часто не приводит к получению наиболее эффективного варианта. Однако, если возможные варианты оценивать с учетом выражения 60, то можно обеспечить заданный уровень надежности в течение всего процесса возведения объекта с максимально возможным уровнем эффективности.

$$\text{УЭ} = \text{Эн} / \text{Зн} \rightarrow \max. \quad (67)$$

Выражение 67 может применяться в качестве целевой функции при формировании проектных решений с заданным уровнем надежности.

Основные выводы и рекомендации

1. Анализ современного состояния строительства ЛПС показывает существование нерешенных проблем построения устойчивых и надежных планов, а также их реализации через производственную систему и систему управления при обеспечении высокой экономической эффективности функционирования всего строительного комплекса. Установлено, что формирование теоретических основ проектирования организации и технологии строительства, обеспечивающих необходимую надежность и устойчивость реализуемых программ, должно включать в себя как разработку методологии проектирования организационно-технологических решений, осуществляемую органами управления, отделами и службами управленческих структур, так и методологии функционирования управляющих структур в условиях комплексного информационного обеспечения.

2. Методология проектирования организации, технологии и управления строительством ЛПС должна опираться на определенные принципы и положения, базироваться на выявленных параметрах и показателях строительных и управленческих процессов. Установленные значения параметров и показателей определяют значения критериев экономической эффективности и уровня надежности выполнения программ. Для оценки уровня надежности реализации строительных программ и расчета экономической эффективности функционирования управляющих структур предложены конкретные методы и зависимости.

3. Исследованы методологические основы организационно-технологической надежности строительства линейно-протяженных сооружений и раскрыты основные направления по обеспечению высокого уровня показателей надежности. В составе проведенных исследований рассмотрены возможные методы и модели организации работ и предложены наиболее эффективные поточные структуры для достижения установленных показателей надежности. Исследованы методы оценки вероятностных показателей применительно к поточным методам организации работ, а также влияние резервов времени и ресурсов на эти показатели. Сформулирована методика оценки уровня организационно-технологической надежности на основе вероятностных показателей.

4. Рассмотрены и сформулированы теоретические, методологические и организационно-технологические основы функционирования строительной системы в целом, производственной и управленческой подсистем в частности. Выделены технологические, экономические и организационные параметры строительной системы и предложена общая зависимость темпа, качества и эффективности строительного производства. Показано единство и соподчиненность критериев организационно-технологической надежности, планирования и управления, а также надежности и финансово-экономических параметров. Выделены параметры подсистемы управления в виде продолжительности цикла управления, степени ритмичности и уровня надежности управления. Показана взаимосвязь параметров управления и установлены закономерности процессов управления. Предложена методика определения экономической эффективности управления.

5. На основании критического анализа состояния управления строительством ЛПС показано, что на современном этапе все проектные решения для достижения высоких технических показателей разрабатываются с широким применением компьютерной технологии. Экономическая эффективность работы управляющих структур требует строгого дозирования необходимого количества исполнителей управленческого звена. Проведенные исследования выявили целесообразность расчета численности управленческого персонала по выделенным функциям управления. Расчет производится по установленным факторам влияния, среди которых обязательными являются уровень автоматизации разработки проектных решений и уровень надежности принимаемых решений.

6. Показано, что работа управленческих структур должна быть направлена на достижение высокого уровня эффективности строительного производства в целом и обеспечиваться функционированием комплексной информационной системы, которая может строиться с учетом предложенных моделей и методов формирования управленческих решений. Должны быть учтены установленные основные задачи комплексной информационной системы, выделенные необходимые подсистемы, а также предложенная общая структура комплексной информационной системы управления строительством ЛПС с выделением ведущих уровней – финансово-экономического, календарного планирования и общего инфор-

мационного обеспечения.

7. Функционирование комплексной информационной системы должна базироваться на информационной технологии планирования и управления с обеспечением решения определенных групп задач по соответствующим программным комплексам, разведенным по конкретным подсистемам. Рассмотрена структура программных комплексов по задачам календарного планирования, сформирована схема взаимодействия элементов системы календарного планирования и рассмотрены основные этапы решения задач календарного планирования.

8. Результаты экспериментальных исследований по основным элементам комплексной информационной системы планирования и управления показали, что при повышении уровня организационно-технологической надежности проектных решений достигается ощутимое повышение экономической эффективности строительства ЛПС. Так, при повышении уровня надежности на 3-5% за счет максимального насыщения фронтов работ и создания резервов времени и ресурсов, экономическая эффективность возрастает на 7 - 9%. Опытная эксплуатация элементов системы установила возможность расчленения всего строительного процесса на ряд частных потоков, совмещения специализированных потоков во времени и пространстве для достижения высокого уровня надежности и эффективности.

9. Формирование проектных решений с высоким уровнем надежности предложено осуществлять на основе экономико-математических моделей, которые соответствуют составу и содержанию цикла управления. Для оценки уровня надежности предложена конкретная зависимость от степени вероятности выполнения строительной программы в требуемые сроки и от степени резервирования ресурсов ведущих организационно-технологических факторов влияния. На основе предложенной зависимости разработана методика формирования проектных решений с высоким уровнем надежности. Для реализации разработанной методики определены основные этапы компьютерной технологии.

10. Разработка проектных решений на основе предложенных экономико-математических моделей должна осуществляться управленческими структурами. Работа органов управления строительством ЛПС и направлена на достижение высокой эффективности всего технологического процесса, в том числе и управленческого

процесса. В этой связи необходимо широкое применение компьютерной технологии выработки проектных решений и эффективного построения аппарата управления. Предложены методы расчета численности и структуры аппарата управления в условиях компьютерной технологии и высокой надежности реализации принимаемых решений.

Для реализации рассмотренного подхода разработана структура комплексной информационной системы с обеспечением необходимых программных комплексов. Проведены экспериментальные исследования по оценке экономической эффективности функционирования комплексной информационной системы.

11. При достаточно высоком уровне надежности выполнение планов строительства ЛПС протекает при значительно меньшем количестве сбоев и задержек и при уменьшенном объеме управляющих воздействий. Следовательно, повышение надежности способствует снижению затрат как на функционирование управляющих органов, так и на выполнение строительных процессов. Для оценки экономической эффективности строительства ЛПС при заданном уровне ОТН предложены соответствующие выражения с учетом дополнительных затрат на функционирование комплексной информационной системы планирования и управления. Расчетные выражения реализуются с учетом прогнозных оценок развития строительных процессов.

12. В результате разработки методов оценки организационно-технологической надежности принимаемых проектных решений, моделей и методов формирования экономически эффективных планов и программ строительства ЛПС с высоким уровнем надежности, разработки компьютерной технологии с установленной структурой программных комплексов рассматриваемая проблема может считаться решенной.

Список работ опубликованных по теме диссертации

1. Абдуллаева Г.И. Управление инвестированием строительства и переустройства линейно-протяженных объектов Метрополитена. Сб. Методы и модели проектирования и управления в строительстве. М. РИА-МГСУ, 1998. с. 12-14
2. Абдуллаева Г.И. Проектирование строительного производства с учетом организационно-технологической надежности. Сб. Модели и методы автоматизации проектирования и управления в строительстве. М. РИА-МГСУ, 1999. с. 24-28
3. Абдуллаева Г.И. Сравнение методов и моделей краткосрочного прогнозирования организационно-технологических процессов строительства линейно-протяженных сооружений. Сб. Методы и модели автоматизации проектирования и управления в строительстве. М. РИА-МГСУ, 2001. с. 16-18
4. Абдуллаева Г.И. Методика автоматизированного проектирования организации строительства с заданным уровнем ОТН. Сб. Методы и модели автоматизированного проектирования и управления в строительстве. М. РИА-МГСУ, 2003. с. 43-46
5. Абдуллаева Г.И. Техничко-экономическая оценка календарных планов строительства линейно-протяженных сооружений с учетом надежности. Инженерно-строительный журнал №2, октябрь 2008 г. с. 54-56.
6. Абдуллаева Г.И. Методика формирования плана с оптимальным уровнем организационно-технологической надежности. Инженерно-строительный журнал №1, сентябрь-октябрь 2008 г. с. 42-43
7. Абдуллаева Г.И. Особенности оценки надежности строительных потоков. Инженерно-строительный журнал №4 (6) май-июнь. СПб, 2009. С. 53-54.
8. Абдуллаева Г.И. Оценка уровня надежности с учетом организационно-технологических параметров строительства линейно-протяженных сооружений. Инженерно-строительный журнал №8(10) декабрь. СПб, 2009. с. 62-64
9. Абдуллаева Г.И. Оценка надежности строительных процессов для линейно-протяженных сооружений. Научно-технические ведомости, № 1. ГПТУ, СПб, 2010. с. 275-280.

10. Абдуллаева Г.И. Основные методы повышения надежности строительных процессов. «Известия высших учебных заведений» Горный журнал №8 2010. Екатеринбург. Уральский государственный горный университет. с. 59-61.
11. Абдуллаева Г.И. Экономико математическая модель управления строительством линейно-протяженных сооружений с заданным уровнем надежности. «Известия высших учебных заведений» Горный журнал №11, 2009. Екатеринбург. Уральский государственный горный университет. с.45-48.
12. Абдуллаева Г.И. Основные направления повышения надежности строительных процессов. Инженерно-строительный журнал № 4 (14) май-июнь СПб. 2010. с. 59-60.
13. Абдуллаева Г.И. Влияние резервов времени и ресурсов на вероятностные оценки планов строительства «Известия высших учебных заведений» Горный журнал №6 2011. Екатеринбург. Уральский государственный горный университет. с. 61-64
14. Абдуллаева Г.И. Влияние организационно-технологических факторов на эффективность управления строительством сооружений. Инженерно-строительный журнал №2 (20). СПб. 2011. с. 52-54.
15. Абдуллаева Г.И. Основные положения по повышению надежности строительных процессов. Инженерно-строительный журнал №6(16) май-июнь СПб. 2010. с. 62-64
16. Абдуллаева Г.И., Солдатенко Т.Н. Формирование управляющих решений для повышения организационно-технологической надежности строительства сооружений в условиях неполной информации (Инженерно-строительный журнал №2, 2012 г. с. 39-44).
17. Абдуллаева Г.И. Формирование рациональной технологии строительства линейно-протяженных сооружений на основе альтернативных вариантов. Инженерно-строительный журнал № 7(33) октябрь-ноябрь 2010, с. 89-92.
18. Морозова Т.Ф., Абдуллаева Г.И, Птухина И.С. Пособие (Монография). Техничко-экономическая оценка качества поточной организации работ. СПб, Изд-во Политехн. Ун-та 2014. -166с
19. Абдуллаева Г.И. Материалы научно-практической конференции с международным участием. 3-8 декабря 2012. СПб ГПУ. Секция Технологии, организации и экономики строительства. Примене-

ние сланцевой золы для повышения надежности укрепления грунтов. с. 315-317.

20. Абдуллаева Г.И. «Повышение ОТН строительства ЛПС методом прогнозирования отказов» Инженерно - строительный журнал №3 (38), 2013.с.47-49.
21. Абдуллаева Г.И., Колосова Н.Б., Морозова Т.Ф. Технология и контроль качества строительства сооружений. Пособие в соавторстве. 170 страниц. СПб. Изд-во Политехн. Ун-та. 2014. -178с.
22. Абдуллаева Г.И., Экономическая эффективность система управления строительством сооружений с заданным уровнем надежности. Инженерно - строительный журнал №1. Сент- окт. 2008. СПб. с. 42-43.
23. Абдуллаева Г.И., Срочное прогнозирования надежности строительства ЛПС. Инженерно - строительный журнал №3. 2016. с. 52-55

Личный вклад, внесенный в работах, написанных в соавторстве:

работы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 22 и 23 выполнены самостоятельно;

работы 16,18, 19 и 21 принадлежат автором в равной мере.

Abdullayev Qasım İsrail oğlu
Xətt boyu yerləşən qurğuların tikintisinin idarə olunmasının
təşkilatı-texnoloji etibarlılığının nəzəri əsasları

Xülasə

Dissertasiya işi təşkilatı idarəetmə strukturlarının müasir formalaşdırma metodlarından və informasiya texnologiyalarından istifadə olunmaqla xətt boyu yerləşən qurğuların (XBYQ) planlaşdırılmasının və idarə olunmasının təşkilatı-texnoloji etibarlılığının (TTE) artırılmasına həsr olunur.

Birinci fəsildə problemin təhlili aparılıb, xətt boyu yerləşən qurğuların tikintisinin inkişafı nəzərdən keçirilib və tədqiqatın vəzifələri ifadə edilib.

İkinci fəsildə xətt boyu yerləşən qurğuların planlaşdırılması və idarə edilməsi metodlarının tədqiqinin və onların səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi nəticələri ümumiləşdirilib.

Üçüncü fəsildə xətt boyu yerləşən qurğuların tikinti layihələrinin həyata keçirilmə proseslərinin təşkilatı-texnoloji etibarlılığının metodoloji əsasları nəzərdən keçirilib.

Dördüncü fəsil təşkilatı-texnoloji etibarlılığın səviyyəsinin optimallaşdırılması zamanı tikintinin idarə olunması üzrə əsas nəzəri müddəalarının işlənilib hazırlanmasına həsr olunmuşdur.

Beşinci fəsildə təşkilatı-texnoloji etibarlılığının lazım olan səviyyəsinin təmin etməklə metropoliten xətlərinin tikintisi və onların həyata keçirilməsi üzrə planların formalaşdırılma modellərinin kompleksi işlənilib hazırlanmışdır.

Altıncı fəsildə xətt boyu yerləşən qurğuların tikintisinin təmin edilməsi üzrə idarəetmə strukturlarının və bütün informasiya sisteminin qurulması metodları təklif olunub.

Xətt boyu uzanmış qurğuların tikintisinin idarə olunması üzrə işlənilib hazırlanmış metodlar və modellər digər iri tikilən obyektlər üçün də tətbiq edilə bilər.

Abdullayev Gasim Israfil
Theoretic principles of organizational and structure construction management

Summary

The thesis is devoted to the improvement of organizational and technological reliability (OTR) of the linear extensive structures (LES) construction planing and management along with using modern methods of formation of organizational structures of management and informational technology.

The first chapter deals with the analysis of the problem, discussion of the LES construction development and the research tasks formulation.

The second chapter summarizes the reserch results of the LES construction planning and management methods and assess of their effectiveness.

The third chapter considers the methodological foundations of the ORT implementation processes related to the LES construction projects implementation.

The fourth chapter is devoted to the development of basic theoretical propositions of the construction management in optimizing the ORT level.

In the fifth chapter there is developed a set of formation models of the subway lines and their implementation plans subject to provision for the required ORT level.

In the sixth chapter there is proposed the constructional methods of the management structures and the whole informational system for the LES construction implementation.

The developed methods and models for managing the LES construction can be also applied to other major projects under construction.

Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага высшего сорта.

Заказ № 31. Тираж.100 экз

Типография ООО«Politeх»

Əlyazması hüququnda

ABDULLAYEV QASIM İSRAFİL oğlu

**XƏTT BOYU YERLƏŞƏN QURĞULARIN
TİKİNTİSİNİN İDARƏ OLUNMASININ
TƏŞKİLATI-TEXNOLOJİ ETİBARLILIĞININ
NƏZƏRİ ƏSASLARI**

İxtisas: 3333.01 – İstehsalın təşkili (inşaat)

Texnika üzrə elmlər doktoru alimlik dərəcəsinə almaq üçün təqdim
edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKİ-2016