

ISSN 2658-5340 (Print)



СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2010 г.

**№3
2021**

Рекомендован высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ
для публикации научных работ, отражающих основное содержание диссертаций

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)



**Лapidус
Азарий Абрамович**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АБРАМОВ И. Л. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ГИНЗБУРГ А. В. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ГУРЬЕВА В. А. – д-р техн. наук, доцент, ГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

ЗЕЛЕНЦОВ Л. Б. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

ИБРАГИМОВ Р. А. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

ИГНАТЬЕВ А. А. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»

КАЗАКОВ Д. А. – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

КОНДРАТЬЕВ В. А. – канд. техн. наук, доцент, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт им. Мирзо Улугбека, Узбекистан

КОРОБКОВ С. В. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

КРЮКОВ К. М. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

ЛЕОНИЧ С. Н. – д-р техн. наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

ЛОГАНИНА В. И. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

МАИЛЯН Л. Р. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

МАЛАЕВ В. Ф. – канд. техн. наук, доцент, Ливанский Университет, факультет Искусств и Архитектуры, Ливанская Республика

МАКАРОВ К. Н. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет»

МЕНЕЙЛЮК А. И. – д-р техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Республика Украина

МОЛОДИН В. В. – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин)

МОНДРУС В. Л. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ОЛЕЙНИК П. П. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ПИКУС Г. А. – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет

ПОПОВА О. Н. – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова»

СУЛЕЙМАНОВА Л. А. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

ТАМРАЗЯН А. Г. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ТЕР-МАТИРОСЯН А. З. – д-р техн. наук, профессор кафедры «Механика грунтов и геотехника», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ХАВИН Д. В. – д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

ЦОПА Н. В. – д-р эконом. наук, профессор, ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры

ЭКЛЕР Н. А. – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова»

ЮДИНА А. Ф. – д-р техн. наук, профессор ГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»



СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ (ОПТИМИЗАЦИЯ) ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЗАКАЗЧИКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕЙ И ЗАДАЧ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

Овчинников А. Н., Лapidус А. А. 2

ПРОЧНОСТЬ КОНТАКТА БЕТОНОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШВОВ И СТЫКОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Каган М. Н., Коваль С. Б., Мельник Л. Б. 9

МОНИТОРИНГ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-СКАНЕРОВ

Галиев И. Х., Ибрагимов Р. А. 19

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОГО ПЛАНА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И ОТНОШЕНИЙ

Ершов Р. М., Топчий Д. В. 27

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Емельянов Д. И., Понявина Н. А., Клоков К. А., Андреева К. А. 35

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СЕТЕВОГО ПЛАНА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Ершов Р. М., Топчий Д. В. 41

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Абрамова А. И. 49

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СЛОЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ КРОВЛИ

Сулейманова Л. А., Рябчевский И. С., Зиятдинова А. Н. 55

НАДЕЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Каширцев М. С., Мотылев Р. В., Кожевников Д. Г. 61

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Зеленцов Л. Б., Пирко Д. В., Алаамери И. М. А., Аль-Мсари А. 66

УДК 69.05

DOI 10.54950/26585340_2021_3_1

Повышение (оптимизация) эффективности деятельности организационно-управленческой структуры заказчика при реализации целей и задач инвестиционно-строительного проекта

Improving (Optimising) the Efficiency of the Client's Organisational and Management Structure in Realising the Aims and Purposes at the Investment and Construction Project

Овчинников Алексей Николаевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, inza73@gmail.com

Ovchinnikov Aleksey Nikolaevich

Ph. D. student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU),
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, inza73@gmail.com

Лapidус Азари́й Абрамович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidus58@mail.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Professor, Doctor of Technical Sciences, the head of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU),
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, lapidus58@mail.ru

Аннотация

В статье проведен анализ основных вопросов, связанных с исследованием особенностей и направлений развития методологических основ формирования организационно-управленческих структур службы заказчика, с учетом условий и возможностей организации рационального взаимодействия участников инвестиционно-строительной деятельности.

Цели исследований. Обоснование возможностей оптимизации интегральной организационно-управленческой модели строительного производства посредством эффективного перераспределения функциональных процедур заказчика между участниками инвестиционно-строительного проекта.

Методология исследований. Методическую основу исследования составляет системный подход к анализу особенностей формирования и возможностей оптимизации организационно-управленческой структуры заказчика в процессе реализации целей и задач инвестиционно-строительного проекта. В работе использован диалектический подход, общепринятые логические методы исследований (поиск, сравнение, анализ, обобщение) и их синтез, положения научных трудов, нормативно-правовых документов и разработок в области организационно-управленческого сопровождения строительного производства. Научная новизна состоит в разработке и обосновании методических основ формирования организационно-управленческих структур, направленных на

повышение эффективности выполнения функциональных процедур, осуществляемых структурными подразделениями (службой) заказчика и других участников инвестиционно-строительного проекта.

Результаты исследований. Разработана обобщенная интегральная модель, отображающая особенности организационно-управленческой деятельности заказчика (технического заказчика) на основных этапах производственного процесса реализации инвестиционно-строительного проекта. Определены качественные критерии оценки эффективности выполнения функциональных процедур, осуществляемых структурными подразделе-

ниями (службой) заказчика. Разработан алгоритм формирования и оптимизации интегральной организационно-управленческой модели, определяющей эффективность деятельности заказчика (выполнения функциональных процедур) в течение производственного процесса реализации инвестиционно-строительного проекта.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект, участники строительного производства, функции заказчика строительства, организация и управление проектом, рациональное взаимодействие, эффективность организационных структур, критерии эффективности.

Abstract

In the article is carried out the analysis of the basic questions, connected with the features research and directions development methodological bases at the formation organizational-management structures this customer service, taking into account conditions and possibilities of organization the rational interaction in participants for the investment-construction project.

Purpose of research. Substantiation the possibilities for the optimization of integral organizational-management model at the construction production by means at effective redistribution functional customer procedures between the participants of the investment and construction project.

Methodology. The methodological basis of this study is a systematic approach to the analysis peculiarities of formation and possibilities for optimization organizational and management structure at the customer in the process of realization aims and purposes at the investment and construction project. The article uses dialectical approach, generally accepted logical research methods (search, comparison, analysis, synthesis) and their synthesis, provisions of scientific works, normative-legal documents and developments in the field for organizational and management support in construction production. Scientific novelty consists in developing

and substantiating methodological foundations for the formation in the organizational and management structures aimed at increasing the efficiency carrying out functional procedures carried out by structural subdivisions (services) at the customer and other participants the investment and construction project.

Results. The generalized integral model, reflecting features for organizational and administrative activity in the customer (technical customer) at the basic stages of industrial process for realization in the investment and construction project is developed. Qualitative criteria for assessing the performance at the functional procedures carried out by the customer's structural units (service) have been defined. The algorithm for the formation and optimization in the integral organizational-management model determining efficiency the customer's activity (execution of functional procedures) during the production process at the investment and construction project realization has been developed.

Keywords: investment and construction project, construction production participants, construction client functions, project organization and management, rational interaction, efficiency of organizational structures, efficiency criteria.

Функционирование строительной отрасли в целом и строительного производства, сопровождающего реализацию целей и задач конкретного инвестиционно-строительного проекта, в частности является сложным, многоэтапным, итерационным процессом, который отображает определенные особенности, формат образования и взаимодействия значительного состава его участников [1; 2; 3].

Организационные и управленческие структуры, привлекаемые для участия в работе над инвестиционно-строительным проектом, характеризуются широким диапазоном форматов и возможностей – от сравнительно небольших организаций (включающих ограниченный состав сотрудников и выполняемых ими функций), которые ориентированы на выполнение некоторых договорных обязательств в рамках функционирования системы строительного производства, без материальной ответственности за результат инвестиций, до значительных структурных

образований, которые обеспечивают достижение функционального качества и несут ответственность за конечный результат. Разнообразие возможных форматов организационных структур (основных видов и их разнообразных сочетаний) отображает значительное количество возможных вариантов решений по организации инвестиционно-строительного проекта.

Основным обстоятельством, определяющим конечный формат организации строительного производства, является стремление каждого из субъектов инвестиционной деятельности к решению двух основных задач: извлечения максимальной прибыли и минимизации рисков от возможных потерь (ответственности), связанных с выполнением установленных (договорных) функциональных обязательств. Финансовые и репутационные риски, связанные с нарушениями договорных условий, определяют для каждой из категорий субъектов инвестиционно-стро-

ительной деятельности такой формат организации взаимодействия и такие способы решения возможных или возникших проблемных ситуаций, которые ориентированы на минимизацию собственных потерь, без учета особенностей функционирования других участников строительного производства [4; 5; 6].

В самом общем случае под термином «эффективность» подразумевается способность получения или достижения положительного результата вследствие проведения определенных действий или процедур. Эффективность функционирования организационных структур управления инвестиционно-строительным проектом подразумевает достижение абсолютной величины целенаправленных изменений (управленческих воздействий), вносимых, по необходимости, в связанную с проектом систему строительного производства.

Разработка эффективной организационной структуры управления является основным условием реализации стратегии реагирования на негативные изменения условий функционирования строительного производства и достижение целей инвестиционно-строительного проекта [7; 8].

Критерии эффективности можно отобразить посредством системы комплексных показателей, включающей как показатели экономичности системы управления инвестиционно-строительным проектом, так и показатели эффективности организационной деятельности [37; 87]:

- экономичность функционирования организационной структуры – определяется посредством отнесения затрат на функционирование к

стоимости инвестиционно-строительного проекта (системы строительного производства);

- эффективность затрат на организацию и функционирование структуры управления – определяется посредством отнесения затрат, направленных на организацию и функционирование структуры управления, к общим затратам инвестиционно-строительного проекта (системы строительного производства);
- эффективность численности персонала структуры управления – определяется посредством отнесения числа сотрудников (персонала), привлекаемых к анализу и решению управленческих задач, к общему числу специалистов, привлекаемых к разработке и реализации этапов инвестиционно-строительного проекта (системы строительного производства);
- эффективность организации для выработки управленческих воздействий – определяется посредством отнесения количества материальных и нематериальных ресурсов структуры управления к затратам на профилактику или исправление последствий проявлений неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды по параметрам состояния и функционирования системы строительного производства.

Повышение количественного значения каждого из рассматриваемых показателей указывает на снижение эффективности управленческих воздействий, отображаемых ростом затрат на функционирование установленной структуры управления. Приведенная выше структура показателей эффективности может

быть расширена с учетом индивидуальных особенностей планирования, организации и управления процессами реализации конкретного инвестиционно-строительного проекта.

Каждый из этапов инвестиционно-строительного проекта характеризуется показателями продолжительности и затрат реализации целей и задач. Соответственно, улучшение (оптимизация, сокращение) рассматриваемых показателей (без потери функционального качества продукции) является безусловным признаком эффективности разработанной организационно-управленческой структуры строительного производства.

Привлечение ресурсов, которыми располагают определенные категории участников инвестиционно-строительного проекта, можно рассматривать как организационно-управленческое мероприятие, направленное на достижение необходимых показателей функционального качества строительной продукции, и эффективную организацию осуществления функциональных процедур на определенном этапе реализации инвестиционно-строительного проекта.

Например, прогнозируемая неравномерность функциональной загруженности персонала структурных подразделений заказчика (технического заказчика, государственного заказчика, заказчика-застройщика) может быть оптимизирована передачей выполнения определенного состава функциональных процедур службам подрядчика, проектировщика с привлечением ресурсов, располагаемых данными категориями участников инвестиционно-строительной деятельности, для решения конкретных сложных задач организации строительства. Такого

рода ресурсы можно идентифицировать как внешние по отношению к службе заказчика (технического заказчика, государственного заказчика, заказчика-застройщика) ресурсы и, одновременно, внутренние (интегрированные) ресурсы по отношению к системе строительного производства, сопровождающей инвестиционно-строительный проект [9; 10; 11].

На рисунке 1 представлена интегральная модель распределения функциональных процедур по основным этапам производственного процесса реализации инвестиционно-строительного проекта, включая:

- этап предпроектных изысканий и проектных решений;
- этап подготовки строительного производства в условиях строительной площадки;
- этап строительного производства (строительного контроля функционального качества строительной продукции);
- этап финансового обеспечения, сопровождения строительного производства учетом и отчетностью;
- этап сдачи и подготовки к вводу в эксплуатацию завершеного строительством объекта.

Значение коэффициента совмещения продолжительности основных этапов реализации инвестиционно-строительного проекта составляет:

$$K_{int}^{HCP} = \sum K_{I-V}^{\phi} = 1,098 + 1,745 + 0,300 + 1,748 = 5,671. \quad (1)$$

Представленная на рисунке 1 модель предполагает использование исключительно внутренних ресурсов службы заказчика и формирование для решения

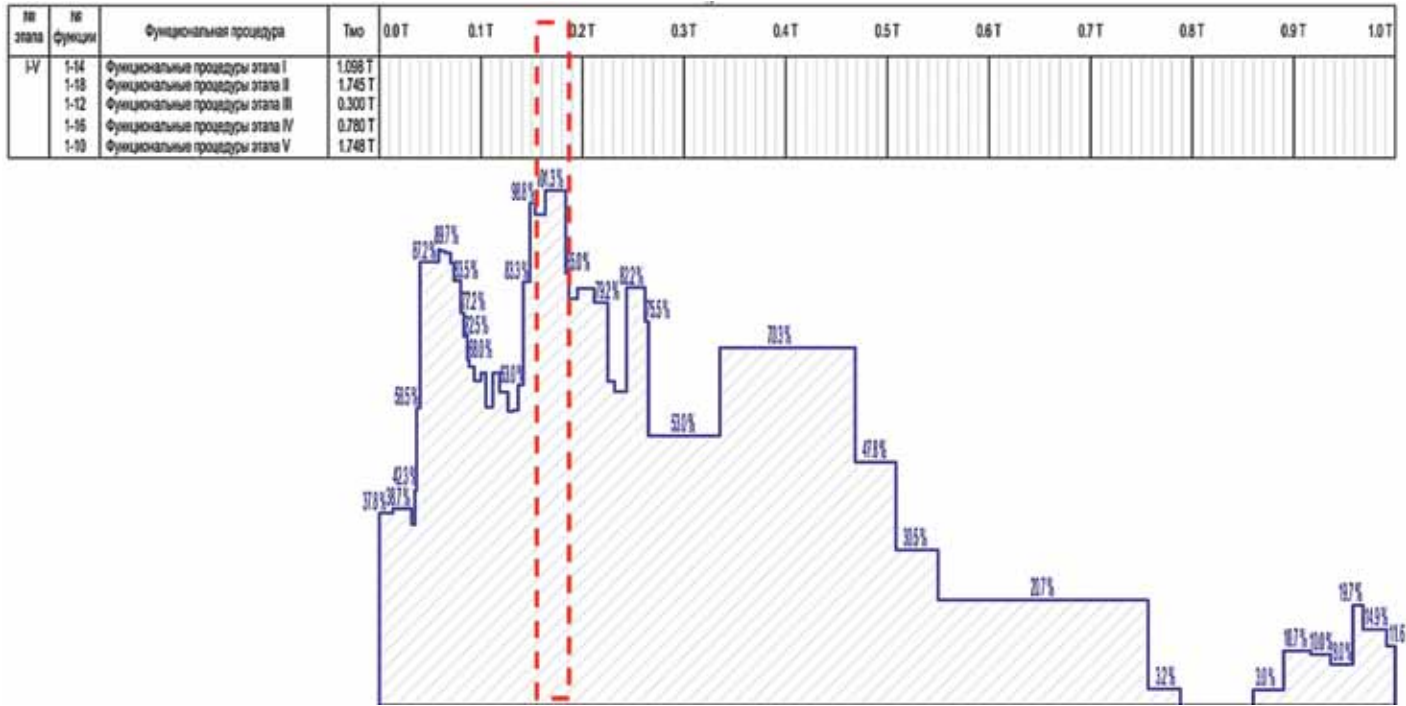
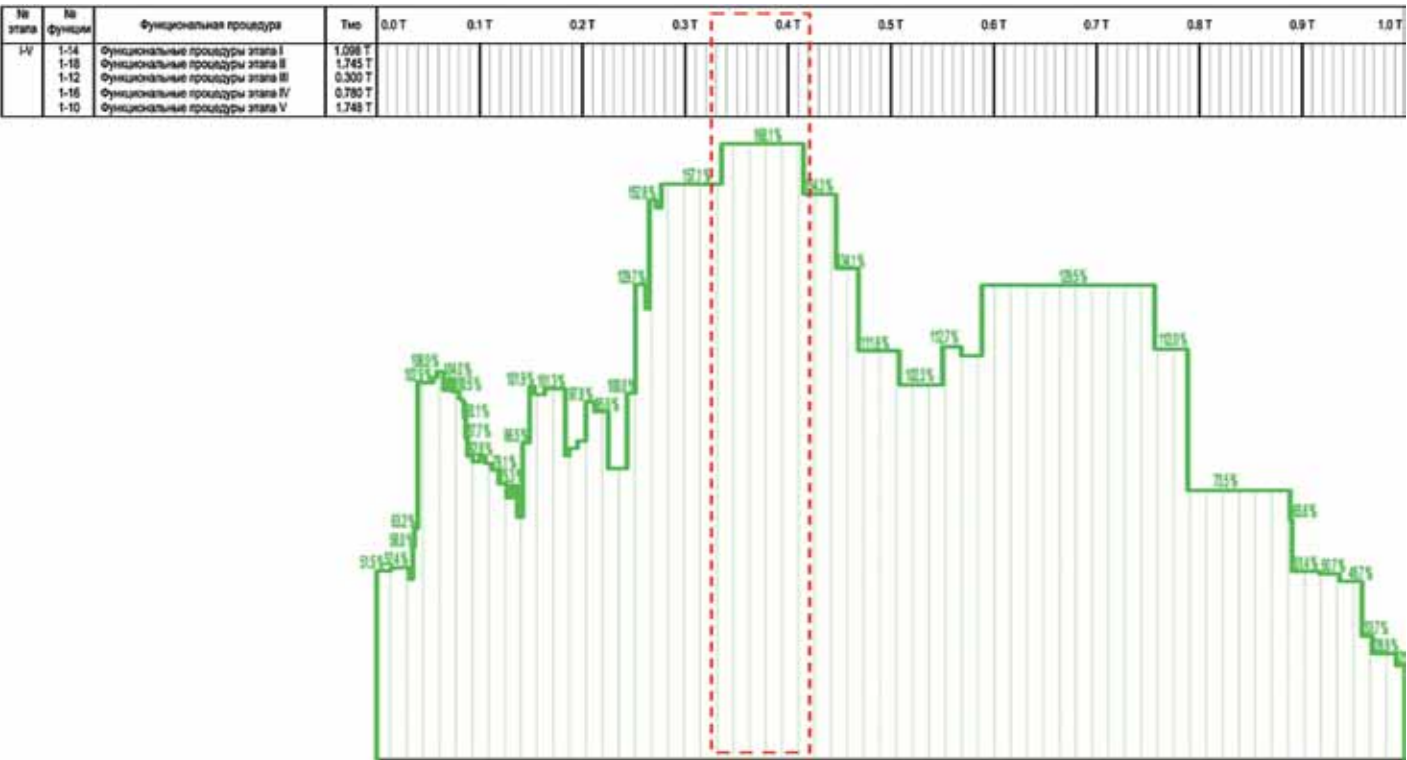


Рис. 1. Модель распределения функциональных процедур по этапам реализации инвестиционно-строительного проекта
Fig. 1. Model of distribution of functional procedures by stages of implementation of an investment and construction project

Рис. 2. Оптимизированная модель распределения функциональных процедур по этапам реализации инвестиционно-строительного проекта
Fig. 2. Optimized model of distribution of functional procedures by stages of implementation of an investment and construction project

задач соответствующей организационно-управленческой структуры.

Наибольшее значение коэффициента совмещения продолжительности функциональных процедур приходится на период времени $0,33 \div 0,42 T$ (см. рисунок 1, где T определяет продолжительность проекта) и составляет:

$$K_{int}^{ИСП} = 1,681. \tag{2}$$

Именно данный период времени ($0.33 \div 0.42 T$) является **наиболее загруженным** для структурных подразделений (служб) заказчика в контексте обеспечения реализации проектных показателей.

Чрезмерное привлечение (полная загрузка) служб заказчика к организации производственного процесса реализации проекта не гарантирует однозначно положительного результата, а интеграция и совмещение функциональных процедур с привлечением возможностей (внешних ресурсов) других категорий участников проекта способствует повышению устой-

чивости и надежности достижения целевых показателей реализации инвестиционно-строительного проекта.

На рисунке 2 представлена *оптимизированная* интегральная модель распределения функциональных процедур по основным этапам производственного процесса реализации инвестиционно-строительного проекта.

Представленная на рисунке 2 модель предполагает формирование и использование службы заказчика (внутренних ресурсов) и других участников строительного производства (внешних ресурсов) для решения задач оптимизированной (менее загруженной) организационно-управленческой структуры.

Значение коэффициента совмещения продолжительности этапов реализации инвестиционно-строительного проекта составляет:

$$K_{int,omt}^{ИСП} = \sum K_{I-V,omt}^{\Phi} = 0,299 + 0,799 + 0,247 + 0,780 + 0,952 = 3,077. \tag{3}$$

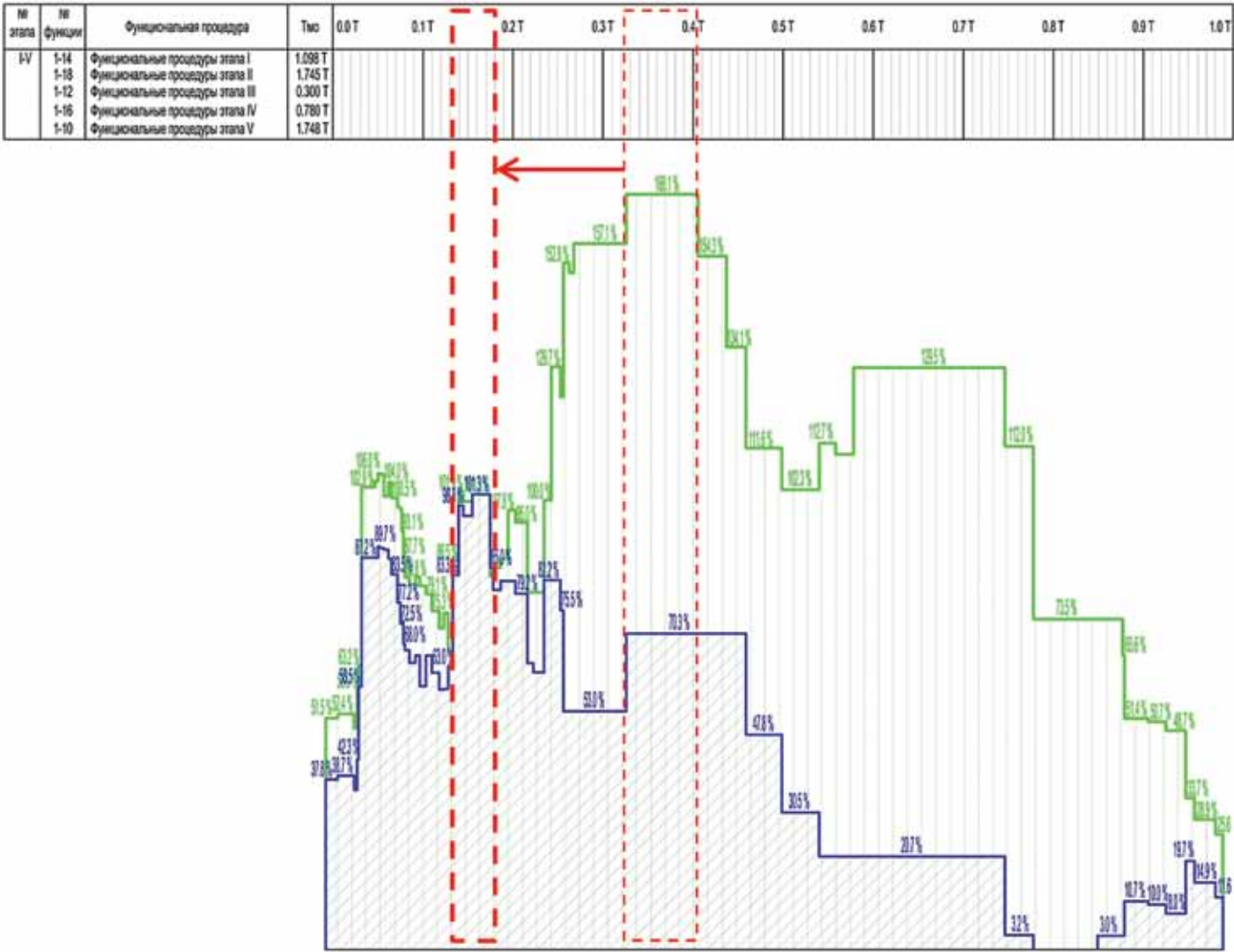


Рис. 3. Сравнение первоначальной и оптимизированной моделей распределения функциональных процедур по этапам реализации инвестиционно-строительного проекта

Fig. 3. Comparison of the initial and optimized models of distribution of functional procedures by stages of implementation of the investment and construction project

Наибольшее значение коэффициента совмещения продолжительности функциональных процедур приходится на период времени $0,162 \div 0,182 T$ (см. рисунок 2, где T определяет общую продолжительность проекта) и составляет:

$$K_{max,omt}^{ИСП} = 1,013. \tag{4}$$

На рисунке 3 представлен сравнительный анализ первоначальной, неоптимизированной, и оптимизированной организационно-управленческих моделей инвестиционно-строительного проекта.

Выводы

В результате оптимизации сокращены продолжительность наиболее загруженного периода (с $0.09 T$ до $0.02 T$) и величина загрузки организационно-управленческой структуры (с 1.681 до 1.013) по сравнению с первоначальными решениями модели организационно-управленческой деятельности технического заказчика.

По результатам оптимизации формирования организационно-управленческой структуры (службы)

заказчика первоначально установленная продолжительность и организационно-технологическая последовательность реализации этапов проекта остались без изменений.

Категория участника инвестиционно-строительной деятельности вида «заказчик» (технический заказчик, государственный заказчик, заказчик-застройщик) – главная, но не единственная структура, ответственная и заинтересованная в достижении целей и задач конкретного инвестиционно-строительного проекта и связанной с ним системы строительного производства. Эффективному решению задач оптимизации распределения функциональных процедур, направленных на реализацию целей и задач инвестиционно-строительного проекта, способствует организация (совместно с заказчиком) участия остальных категорий участников инвестиционно-строительной деятельности. Наибольших положительных результатов от реализации проекта (помимо, естественно, заказчика и инвестора) получит тот участник, который проявит наибольшие присутствие и взаимодействие в совместной работе над проектом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Половникова Н. А. Эффективность взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса / Н. А. Половникова // Российское предпринимательство. – 2012. – № 24 (222). – С. 137–141.

2. Адамов Н. А. Инвестиционные процессы в строительстве / Н. А. Адамов, В. Г. Зимин, А. А. Кеменов. – Москва : LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 248 с.

3. Smith W. P. A Better Investment Climate for Everyone / W. P. Smith, M. C. Hallward-Driemeier // Development Outreach. – 2005. – Vol. 7, № 1. – P. 2–7.

4. Богачев С. Н. Строительные риски и возможности их минимизации / С. Н. Богачёв, А. А. Школьников, Р. А. Розентул, Н. А. Климова // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 88–92.

5. Теличенко В. Е. Системотехника управления целевыми строительными программами / В. Е. Теличенко [и др.]. – Москва : Издательство ACB, 2010. – 224 с.

6. Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений : Федеральный закон от 25.02.1999 № 39-ФЗ (в редакции Федерального закона от 26.07.2017 № 205 ФЗ) : принят Государственной Думой 15 июля 1998 года : одобрен Советом Федерации 17 июля 1998 года // Pravo.gov.ru : [сайт]. – Москва, 2020. – Издание официальное.

7. Костюченко В. В. Управление процессом повышения эффективности организационно-технологических строительных систем / В. В. Костюченко // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 1. – С. 536–542.

8. Harris F. Modern Construction Management / F. Harris, R. McCaffer, F. Edum-Fotwe. – Chichester : Wiley-Blackwel, 2013. – 411 p.

9. Чеготова Е. В. Роль технического заказчика в организации инвестиционно-строительной деятельности / Е. В. Чеготова // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 3. – С. 5–11.

10. Горин А. В. Повышение эффективности взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса : дисс. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Горин Андрей Викторович. – Москва : 2005. – 186 с. – Текст непосредственный.

11. Аверин В. Г. Повышение эффективности функционирования службы заказчика-застройщика : дисс. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Аверин Владимир Георгиевич. – Воронеж : 2004. – 126 с. – Текст непосредственный.

REFERENCES

1. Polovnikova N. A. Ehfektivnost' vzaimodejstviya uchastnikov investitsionno-stroitel'nogo protsesssa [Efficiency of interaction of participants in the investment and construction process] / N. A. Polovnikova // Rossijskoe predprinimatel'stvo [Russian entrepreneurship]. – 2012. – № 24 (222). – P. 137–141.

2. Adamov N. A. Investitsionnye protsessy v stroitel'stve [Investment processes in construction] / N. A. Adamov, V. G. Zimin, A. A. Kemenov. – Moscow : LAP, 2014. – 248 p.

3. Smith W. P. A Better Investment Climate for Everyone / W. P. Smith, M. S. Hallward-Driemeier // Development Outreach. – 2005. – Vol. 7, № 1. – P. 2–7.

4. Bogachev S. N. Stroitel'nye riski i vozmozhnosti ikh minimizatsii [Construction risks and the possibilities of their minimization] / S. N. Bogachev, A. A. Shkolnikov, R. A. Rosentul, N. A. Klimova // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and construction]. – 2015. – № 1. – P. 88–92.

5. Telichenko V. E. Sistemotekhnika upravleniya tselevymi stroitel'nymi programmami [System engineering of management of target construction programs] / V. E. Telichenko [et al.]. – Moscow : DIA, 2010. – 224 p.
6. Ob investitsionnoj deyatel'nosti v Rossijskoj Federatsii, osushchestvlyаемoj v forme kapital'nykh vlozhenij [On investment activities in the Russian Federation carried out in the form of capital investments] : Federal'nyj zakon ot 25.02.1999 № 39-FZ (v redaktsii Federal'nogo zakona ot 26.07.2017 № 205 FZ) [Federal Law No. 39-FZ of 25.02.1999 (as amended by Federal Law No. 205 FZ of 26.07.2017)] : prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 15 iyulya 1998 goda : odobren Sovetom Federatsii 17 iyulya 1998 goda [adopted by the State Duma on July 15, 1998 : approved by the Federation Council on July 17, 1998] // Pravo.gov.ru : [site]. – Moscow, 2020. – Official publication.
7. Kostyuchenko V. V. Upravlenie protsessom povysheniya ehffektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh stroitel'nykh sistem [Managing the process of increasing the efficiency of organizational and technological building systems] / V. V. Kostyuchenko // Inzhenerny vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2012. – № 1. – P. 536–542.
8. Harris F. Modern Construction Management / F. Harris, R. McCaffer, F. Edum-Fotwe. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2013. – 411 p.
9. Chegotova E. V. Rol' tekhnicheskogo zakazchika v organizatsii investitsionno-stroitel'noj deyatel'nosti [The role of the technical customer in the organization of investment and construction activities] / E. V. Chegotova // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [Civil Engineering magazine]. – 2012. – № 3. – P. 5–11.
10. Gorin A. V. Povyshenie ehffektivnosti vzaimodejstviya uchastnikov investitsionno-stroitel'nogo protsessa : diss. ... kand. ehkon. nauk : 08.00.05 [Improving the efficiency of interaction between participants in the investment and construction process: diss. ... Candidate of Economic Sciences : 08.00.05] / Gorin Andrey Viktorovich. – Moscow, 2005. – 186 p. – The text is direct.
11. Averin V. G. Povyshenie ehffektivnosti funktsionirovaniya sluzhby zakazchika-zastrojshhika : diss. ... kand. ehkon. nauk : 08.00.05 [Improving the efficiency of the customer-developer service: diss. ... Candidate of Economic Sciences : 08.00.05] / Averin Vladimir Georgievich. – Voronezh: 2004. – 126 p. – The text is direct.

НОВОСТЬ

На пленарном заседании форума 100+ TechnoBuild обсудили перспективы развития строительной отрасли

На VIII международном форуме и выставке 100+ TechnoBuild прошло пленарное заседание «120 миллионов квадратных метров в год. Трансформация строительной отрасли».

В заседании приняли участие Заместитель Председателя Правительства РФ Марат Хуснуллин, Министр строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Ирек Файзуллин и Полномочный представитель Президента РФ в Уральском федеральном округе Владимир Якушев.

Основными темами пленарного заседания стали меры поддержки стройкомплекса, сокращение обязательных требований при строительстве, а также применение технологий информационного моделирования на российских стройках и формирование комфортной городской среды.

«К 2030 году стоит задача выйти на показатель 120 млн кв. м в год, а это значит, что каждый пятый метр в стране должен быть новый. Мы твердо видим, что в этом году мы сдадим порядка 86 млн кв. м жилья. У нас пока превышение по отношению к прошлому году более 30 %, то есть уровень прошлого года к уровню этого», – сказал вице-премьер в ходе своего выступления.

В своем приветственном слове Ирек Файзуллин отметил важность диалога между представителями власти и участниками строительного рынка: «За годы существования форум стал центром для внутрироссийского и международного общения по основным направлениям развития строительной от-

расли. Происходит много изменений по сокращению инвестиционно-строительного цикла. Принимаются изменения в нормативные акты, разрабатываются постановления Правительства и приказы Минстроя, которые позволяют ускорить процесс строительства. Предложения, которые появятся в результате деловой программы форума, будут проанализированы и запущены в работу Минстроем России для достижения национальных целей и выполнения поручений Президента и Премьер-министра».

На заседании также обсудили важность вовлечения жителей и строительных компаний в вопросы благоустройства территорий. Основными задачами региональных властей по федпроекту «Формирование комфортной городской среды» является повышение качества уровня жизни граждан, поэтому важным фактором создания благоприятной среды в городах является активное участие жителей в выборе территорий и концепций для благоустройства. Застройщики не просто должны участвовать в формировании горсреды на своих объектах. Замминистра строительства и ЖКХ РФ Никита Стасишин отметил, что важным фактором при выборе жилья сегодня, помимо качества самих объектов, является обеспеченность необходимой для жизни инфраструктурой. Поэтому при развитии городской среды важно использовать комплексный подход, который не только меняет облик населенных пунктов, но и создает комфортное пространство для жизни.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 693.548.2

DOI 10.54950/26585340_2021_3_2

Прочность контакта бетонов при устройстве технологических швов и стыков в железобетонных конструкциях

The Strength of Concrete-to-Concrete Contact During the Construction of Technological Seams and Joints in Reinforced Concrete Structures

Каган Мария Николаевна

Старший преподаватель кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Архитектурно-строительный институт, Южно-Уральский государственный университет, Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, kaganmn@susu.ru

Kagan Maria Nikolaevna

Senior Lecturer of the Department of Building Production and Theory of Structures, Architectural and Construction Institute of the South Ural State University, Russia, 454080, Chelyabinsk, prospect Lenina, 76, kaganmn@susu.ru

Коваль Сергей Борисович

Кандидат технических наук, доцент, начальник отдела практики и содействия трудоустройству студентов, Южно-Уральский государственный университет, Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, ауд. 216а, skoval@mail.ru

Koval Sergey Borisovich

Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Practice and Employment of Students of the South Ural State University, Russia, 454080, Chelyabinsk, prospect Lenina, 76, skoval@mail.ru

Мельник Лев Борисович

Директор ООО «Символ Бетон», Россия, 454091, Челябинск, поселок Водрем 40, 20, info@simvolbeton.ru

Melnik Lev Borisovich

Director of LLC «Symbol Beton», Russia, 454091, Chelyabinsk, Vodrem 40, 20, info@simvolbeton.ru

Байбурин Альберт Халитович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Архитектурно-строительный институт, Южно-Уральский государственный университет, Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, ауд. 507, abayburin@mail.ru

Baiburin Albert Khalitovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Building Production and Theory of Structures, Architectural and Construction Institute of the South Ural State University, Russia, 454080, Chelyabinsk, prospect Lenina, 76, abayburin@mail.ru

Аннотация

Цель. В настоящее время широко применяются монолитные и сборно-монолитные конструкции из железобетона, поэтому актуален вопрос обеспечения надежного

контакта бетонов: вновь укладываемого («нового») и уже набравшего определенную прочность («старого»). В работе была рассмотрена проблема обеспечения необо-

димой прочности соединения «нового» и «старого» бетонов, возникающая при выполнении технологических швов бетонирования и стыков в сборно-монолитных конструкциях.

Методы. Предметом исследования стала зона контакта нового слоя с бетонным основанием, в ходе проведения экспериментальных исследований было использовано несколько методик, в том числе стандартная.

Результаты. Данные, полученные при экспериментальном исследовании, указывают на влияние pH «новой» среды на прочность сцепления «нового» бетона с

основанием из «старого» бетона, а также на прочность бетона в зоне контакта вновь укладываемого бетона с ранее уложенным – на сжатие и на срез.

Выводы. Проведен анализ и сопоставление полученных результатов с данными исследований, проведенными ранее. Сформулированы выводы о способах повышения прочности контакта бетонов в монолитных и сборно-монолитных железобетонных конструкциях.

Ключевые слова: технологический шов бетонирования, монолитные железобетонные конструкции, соединение «нового» и «старого» бетона.

Abstract

Object. Currently, monolithic and prefabricated monolithic structures made of reinforced concrete are widely used, therefore, the issue of ensuring reliable contact of concrete: newly laid («new») and concrete, which has already gained a certain strength («old»), is relevant. The problem has been viewed in the article is the problem of ensuring the necessary strength of the connection of «new» and « old » concrete, that arises when organizing technological construction seams and when making joints in prefabricated monolithic structures.

Methods. The subject of the research was the contact zone of the new layer with the concrete base. In the course of the experimental research, several methods were used, including the standard one.

Findings. Experimental data shows the influence of pH of the «new» environment to strength of connection of the «new» concrete with the base made from the «old» concrete and to the strength of the concrete in the zone of contact of the fresh concrete with the old one for compression and shear.

Conclusions. The analysis and comparison of the results obtained with the data of previous research have been carried out. Conclusions are formulated that contribute to an increase in the strength of concrete-to-concrete contact in monolithic and precast monolithic reinforced concrete structures.

Keywords: technological concreting joint, monolithic reinforced concrete structures, new-to-old concrete bonding.

Введение

В практике строительства широко используются монолитные и сборно-монолитные железобетонные конструкции [1]. При этом неминуемо возникает вопрос обеспечения надежного контакта вновь укладываемого бетона с бетоном, набравшим определенную прочность.

Известно, что наличие бетонного шва существенно снижает жесткость и несущую способность конструкции даже при отсутствии дефектов его устройства [2–4]. Монолитность конструкции подразумевает единые свойства конструкции на всех участках. По факту же в зоне технологических швов наблюдается снижение плотности и, как следствие, прочности

монолитных и сборно-монолитных железобетонных конструкций. Кроме этого, технологические швы являются местом релаксации напряжений и сниженной водостойкости.

В связи с этим в настоящее время актуальны исследования, направленные на повышение величины сцепления бетонов в условиях устройства рабочих швов и замоноличивания стыков сборно-монолитных конструкций.

В работе [5] и на рисунке 1 представлена модель сцепления «старого» бетона основания и «нового» укладываемого бетона. Эта модель указывает на то, что переходная зона между «старым» и «новым» бетонами является ключевой областью контакта.

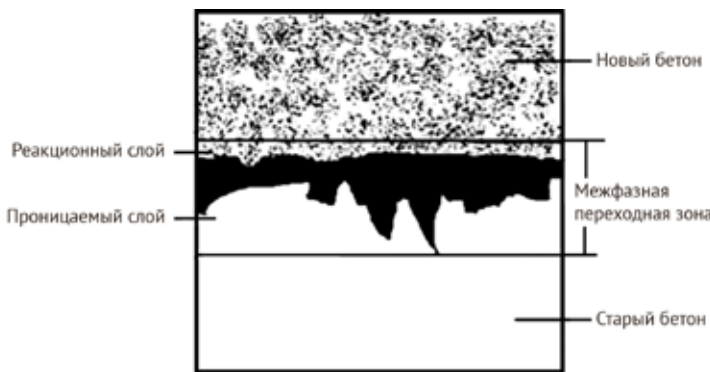


Рис. 1. Модель сцепления «старого» бетона основания и «нового» укладываемого бетона
Fig. 1. The model of new-to-old concrete bonding

Табл. 1. Составы для изготовления экспериментальных образцов
Tab. 1. Compositions for making experimental samples

№ состава	Характеристика затворяющей жидкости			R ₂₈ , МПа	Расход на 1м ³ бетона, кг				
	хим. формула	г/см ³	pH		вяжущее	песок	щебень 5-20 мм	добавка	затвор. раствор
1	H ₂ O	0,998	7,1	49,5	ПЦ М500 420	770	5-20 1050	СП-1ВП 7	185
2	Na ₂ CO ₃	1,14	10,9	34,6	Шлак 425	750	5-20 1095	СП-1ВП 7	170
3	NaOH	1,16	12,4	39,3					

Согласно работам Дж. Зильфвербранда [6; 7], прочность и долговечность связи вновь укладываемого бетона и «старого» бетона-основания зависят от нескольких факторов, каждый из которых действует с разной степенью влияния, и их можно разделить на три основные группы:

- 1) характеристики основания «старого» бетона;
- 2) характеристики «нового» бетона и технология его укладки на основание;
- 3) условия окружающей среды.

В исследованиях, проводимых на кафедре СПиТС ЮУрГУ с 2005 года, рассматривалось влияние на прочность бетонного шва условий окружающей среды [8], а также свойств «нового» бетона и способов его укладки на основание [9; 10].

В проведенных экспериментах [11], посвященных влиянию технологических факторов на проникающую способность различных сред в бетон, выявлена зависимость проникающей способности новой среды в бетонное основание от характера расположения плоскости контакта относительно слоев укладки бетонной смеси, акустической обработки зоны контакта, а также от типа и уровня pH новой среды.

С увеличением уровня pH наблюдается повышение проникающей способности новой среды в бетонное основание. Логично предположить, что вновь укладываемая бетонная смесь с высоким содержа-

нием щелочного компонента будет проявлять повышенную адгезию к бетонному основанию на клинкерном вяжущем.

Материалы и методы

В связи с вышеизложенным, в проводимом эксперименте в качестве определяющего технологического фактора, влияющего на прочность рабочего шва, приняты тип и уровень pH новой среды – «нового» бетона.

Для изменения уровня pH эксперименты проводились на клинкерных и шлакощелочных бетонах, составы которых представлены в таблице 1.

Характеристика затворяющей жидкости:

- состав № 1: затворяющая жидкость – вода (pH = 7,1);
- состав № 2: затворяющая жидкость – водный раствор карбоната натрия (pH = 10,9);
- состав № 3: затворяющая жидкость – водный раствор гидроксида натрия (pH = 12,4).

Концентрации данных растворов были подобраны с использованием справочных данных [12]. Для контроля уровня pH использовался электронный pH-метр «РН-009 II». Уровень pH водных растворов не превышает показателя 12,5, что соответствует нормативному значению [13; 14].

Графики набора прочности исследуемых составов бетона представлены на рисунке 2.

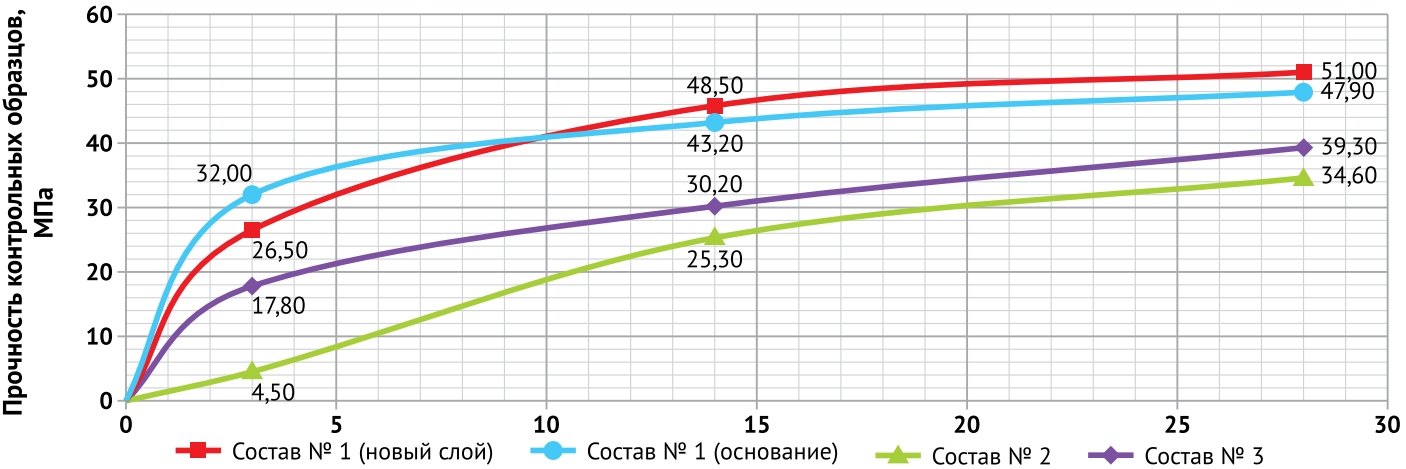


Рис. 2. Графики набора прочности бетона различных составов
Fig. 2. Strength gaining curves of concrete of various compositions

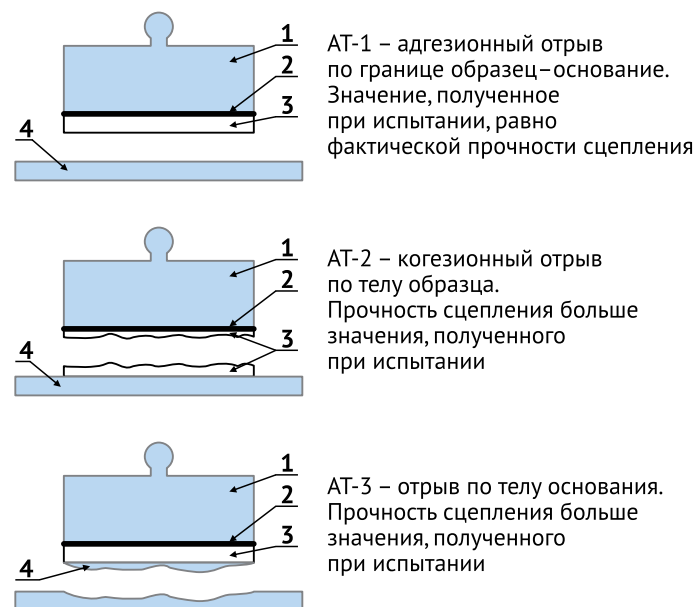


Рис. 3. Варианты отрыва образца от основания
Fig. 3. Options for detaching the sample from the base

В проводимых экспериментах для определения величины адгезии бетона была использована стандартная методика по ГОСТ 31356-2007 [15]. Согласно ей, прочность сцепления определяется по силе отрыва образца затвердевшего «нового» бетона от основания – «старой» бетонной плиты.

Кроме этого, прочность рабочего шва определялась испытанием на сжатие и срез комбинированных образцов, состоящих из «старого» и вновь укладываемого «нового» бетона, согласно методике проводимых ранее экспериментов [8]. В этом случае «новый» бетон укладывался к «старому» бетону, который предварительно выдерживался в нормальных условиях твердения в течение 1 и 28 суток. Этим самым имитировали устройство технологических швов монолитных и стыков сборно-монолитных железобетонных конструкций.

Основная часть экспериментов выполнена на базе лаборатории ООО «Символ Бетон».

1. Определение прочности сцепления «нового» бетона с основанием из «старого» бетона по ГОСТ 31356-2007.

Испытания проводились согласно методике, изложенной в [15]. Первоначально была изготовлена плита-основание из бетона класса В30 размерами

300x150x40 мм, которая выдерживалась в нормальных условиях твердения в течение 28 суток.

После этого с помощью трафаретов цилиндрической формы диаметром 50 мм была уложена бетонная смесь толщиной 10 мм. Испытания на отрыв производились по истечении 28 суток на установке ОНИКС-1.ОС.100. При испытании по данной методике возможны следующие варианты отрыва образцов от плиты-основания (рисунок 3) [15].

Для образцов шлакощелочного бетона состава № 2 характерен вариант отрыва AT-1. Для образцов состава № 1 (глинчатый бетон) и состава № 3 (шлакощелочной бетон) характерен вариант отрыва AT-3.

Прочность адгезии образца с плитой-основанием определяют как максимальную силу, приложенную перпендикулярно к поверхности образца, при которой происходит отрыв образцов от основания.

Прочность сцепления с основанием при испытании одного образца A_i , МПа, определяется:

$$A_i = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где F – максимальная сила отрыва образца от основания, Н;

S – площадь контакта поверхности образца сцепления, мм².

Полученные единичные значения прочности округляются до 0,1 МПа.

Результатом испытаний принимаются среднеарифметические значения результатов испытаний всех образцов A , МПа, расчет которых ведется по формуле:

$$A = \frac{(A_1 + \dots + A_n)}{n}, \quad (2)$$

где n – количество образцов в серии.

Среднеарифметические значения прочности также округляются до 0,1 МПа.

Результаты

Результаты эксперимента, рассчитанные по приведенной последовательности, приведены в таблице 2.

За 100 % принята прочность адгезии бетона на глинчатом вяжущем как наиболее распространенного варианта.

Обсуждение

Из представленных данных видно, что величина сцепления зависит не только от уровня pH, но и от

вида вяжущего. Так, для шлакощелочного бетона на растворе кальцинированной соды (состав № 2) величина адгезии меньше в два раза по сравнению с контрольным образцом бетона на глинчатом вяжущем.

Это может быть следствием того, что кинетика твердения и 28-суточная прочность этого состава значительно ниже, чем у бетона на глинчатом вяжущем (см. рисунок 2). Кроме этого, характер отрыва происходит по варианту AT-1 (см. рисунок 3), что также говорит о невысокой адгезии этого состава бетона.

Прочность сцепления образцов из шлакощелочной смеси с pH щелочного компонента 12,4 (состав № 3) превосходит величину прочности сцепления образцов на глинчатом вяжущем (состав № 1) на 25 %. При этом у образцов из этих составов совпадает характер отрыва, который происходит по варианту AT-3, несмотря на то, что прочность состава № 3 также ниже прочности состава № 1 на глинчатом вяжущем. Это говорит о высокой адгезии шлакощелочной смеси с pH щелочного компонента 12,4.

Полученные результаты проведенного эксперимента говорят о том, что шлакощелочные вяжущие с низкой pH обладают невысокой активностью, которая существенно возрастает с его увеличением.

Результаты проведенного эксперимента полностью совпадают с выводами профессора В. Д. Глуховского, который отмечал увеличение активности шлаковых вяжущих при повышении их уровня pH [16]. Это же подтверждают данные, полученные при проводимых ранее экспериментальных исследованиях [11], – с повышением уровня pH новой среды увеличивается ее проникающая способность.

Для подтверждения полученных экспериментальных данных также были проведены исследования по моделированию работы бетона в зоне контакта «нового» бетона с ранее уложенным и набравшим определенную прочность «старым» бетоном.

Для этого были использованы методики, по которым ранее на кафедре технологии строительного производства (сейчас СПиТС) ЮУрГУ профессором С. Г. Головневим были проведены эксперименты по исследованию изменения сцепления бетона при устройстве технологических швов в зависимости от его температуры [18]. Первый метод заключался в определении прочности бетона на сжатие параллельно плоскости рабочего шва, второй – в оценке прочности рабочего шва через прочность на срез.

II. Определение прочности бетона в зоне контакта на сжатие параллельно плоскости рабочего шва.

По данной методике формы размером 100x100x100 мм наполовину заполняли бетоном состава № 1 (см. таблицу 1), оставляя другую часть формы того же размера свободной.

Далее все образцы были поделены на две группы:

- 1) в образцы первой группы укладка «нового» бетона в свободную часть формы производилась через сутки твердения «старого» бетона;

- 2) в образцы второй группы – по истечении 28 суток в условиях нормального твердения.

В качестве «нового» бетона использовались составы №№ 1, 2 и 3 согласно данным таблицы 1.

В результате испытываемый образец представлял из себя кубик размером 100x100x100 мм, который состоял наполовину из «старого» и «нового» бетонов.

Определение прочности на сжатие комбинированных образцов проводилось после 28 суток нормального хранения на прессе MATEST C040N 1500/250 кН. Нагрузка прикладывалась вдоль слоев укладки и плоскости рабочего шва. Схема проведения испытаний по данной методике представлена на рисунке 4.

Результаты

Для анализа полученных данных была подсчитана средняя прочность образцов как среднеарифметическая.

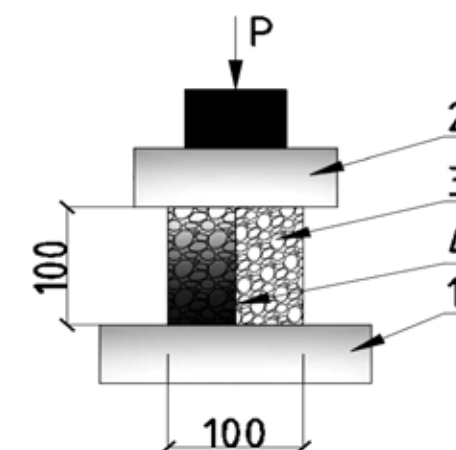


Рис. 4. Схема проведения испытаний бетонного кубика на сжатие в зоне технологического шва: 1 – опорная площадка пресса; 2 – рабочий шток пресса; 3 – испытываемый образец; 4 – плоскость рабочего шва

Fig. 4. Scheme for testing a concrete cube for compression in the area of the technological joint: 1 – the support platform of the press; 2 – the working rod of the press; 3 – the test sample; 4 – the plane of the working seam

ческую прочность двух половинок «старого» и «нового» бетонов, которая сопоставлялась с прочностью комбинированного образца.

Данные относительной прочности на сжатие комбинированного образца к расчетной средней прочности приведены в таблице 3.

Режим выдерживания 1/28 подразумевает следующие этапы: укладка бетона основания, выдерживание 1 сутки в нормальных условиях твердения, укладка бетона нового слоя, выдерживание 28 суток в нормальных условиях твердения.

Режим выдерживания 28/28 подразумевает такую последовательность: укладка бетона основания, выдерживание 28 суток в нормальных условиях твердения, укладка бетона нового слоя, выдерживание 28 суток в нормальных условиях твердения.

Табл. 2. Прочность адгезии бетонных образцов с основанием
Tab. 2. Strength of adhesion concrete to the base

№ состава	Тип смеси, уровень pH затворяющей жидкости	Прочность сцепления A , МПа	Относительная прочность сцепления, %
1	Глинчатая, pH = 7,1	0,4	100
2	Шлакощелочная, pH = 10,9	0,2	50
3	Шлакощелочная, pH = 12,4	0,5	125

Табл. 3. Относительная прочность на сжатие комбинированного образца к средней расчетной прочности
Tab. 3. Relative compressive strength of the combined sample to the average compressive strength

№ п/п	рН	R ₂₈ «старого» бетона, МПа	R ₂₈ «нового» бетона, МПа	R ₂₈ среднее, МПа	R ₂₈ образца, МПа	Режим выдерживания	Относительная прочность образца, %
1	7,1	47,9	51,0	49,50	45,10	1/28	91
2	7,1	47,9	51,0	49,50	43,90	28/28	89
3	10,9	47,9	34,6	41,25	41,20	1/28	100
4	10,9	47,9	34,6	41,25	38,00	28/28	92
5	12,4	47,9	39,3	43,60	42,70	1/28	98
6	12,4	47,9	39,3	43,60	45,70	28/28	105

На рисунках 5 и 6 приведена зависимость сброса / прироста прочности рабочего шва по отношению к расчетной средней прочности образцов от уровня рН.

Обсуждение

Данные по режиму 1/28 показывают, что снижение прочности на 9 % происходит только для бетонов на клинкерном вяжущем с рН равным 7,1. Для образцов шлакощелочного бетона с рН 10,9 и 12,4 снижение прочности комбинированного образца с рабочим швом по отношению к средней расчетной величине практически не наблюдается.

Для режима 28/28 снижение реальной прочности от средней расчетной для рН 7,1 составляет 11 %. С дальнейшим повышением рН этот сброс снижается, а для рН 12,4 наблюдается прирост прочности, который составляет 5 %.

Кроме этого, при проведении испытаний отмечался характер разрушения. Так, разрушение образцов, выдерживаемых по режиму 1/28 с рН 7,1, произошло по рабочему шву, а для образцов с рН 10,9 и 12,4 – не по плоскости рабочего шва (см. рисунок 7). Это мо-

жет означать, что прочность рабочего шва данных образцов выше прочности составляющих его бетонов.

В случае выдерживания образцов по режиму 28/28 у всех образцов наблюдался одинаковый характер разрушения – по плоскости рабочего шва.

III. Определение прочности бетона в зоне контакта на срез.

По второй методике в формах размером 300x100x100 мм крайние ячейки размером 100x100x100 мм заполнялись бетонной смесью состава № 1, при этом центральная ячейка оставалась незаполненной. Изготовленные таким способом образцы аналогично испытаниям по первой методике также были разделены на две группы (дозаполнение формы через 1 сутки и через 28 суток после укладки крайних ячеек) и выдержаны в камере нормального хранения. Затем плоскость контакта со вновь укладываемым бетоном подвергалась зачистке, после чего свободную центральную часть формы размером 100x100x100 мм заполняли свежеприготовленной бетонной смесью составов № 1, 2, 3 (см. таблицу 1).

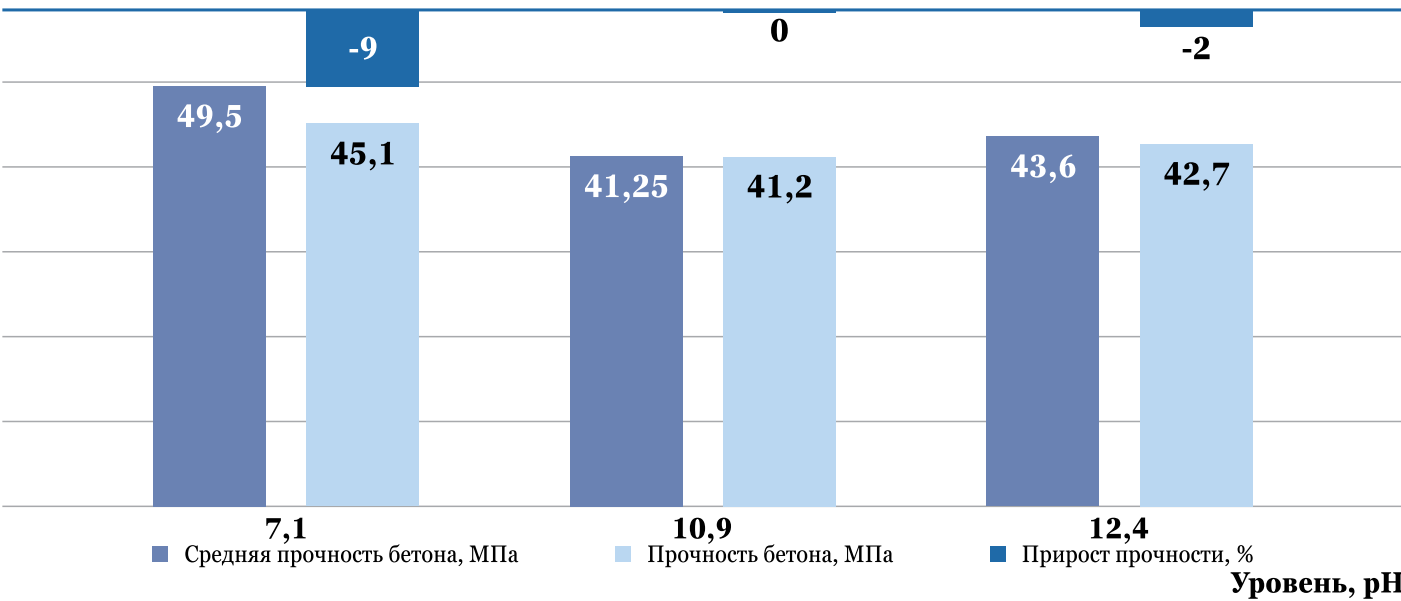


Рис. 5. Диаграмма прочности рабочего шва при различном уровне рН в режиме выдерживания 1/28
Fig. 5. Diagram of the strength of the technological joint at different pH levels with a holding mode 1/28

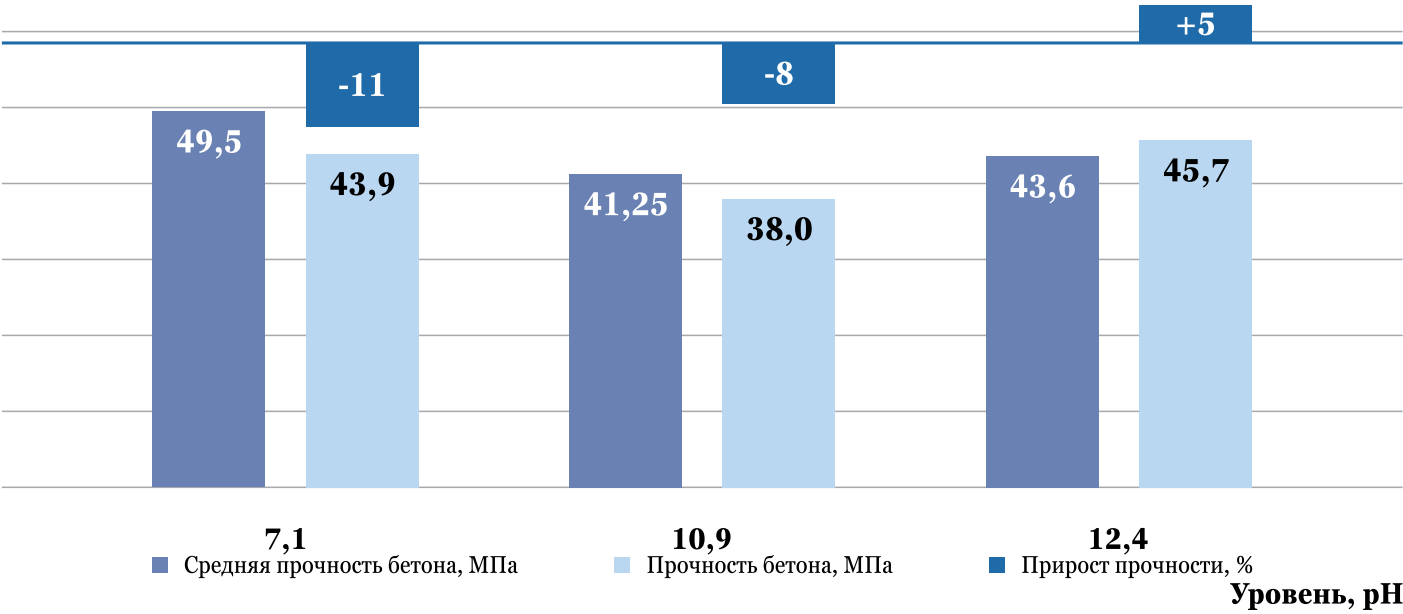


Рис. 6. Диаграмма прочности рабочего шва при различном уровне рН в режиме выдерживания 28/28
Fig. 6. Diagram of the strength of the technological joint at different pH levels with a holding mode 28/28



Рис. 7. Характер разрушения образцов при выдерживании по режиму 1/28: а) разрушение образцов с рН 7,1 по плоскости рабочего шва; б) разрушение образцов с рН 10,9 и 12,4 не по плоскости рабочего шва

Fig. 7. Type of destruction of samples with a holding mode 1/28: a) destruction of samples with a pH of 7.1 along the plane of the working seam; b) destruction of samples with a pH of 10.9 and 12.4 not along the plane of the working seam

Испытываемый образец-балочка (размером 300x100x100 мм) представлял собой комбинацию «старого» бетона по краям и вновь укладываемого в центре «нового» бетона.

Определение прочности на срез комбинированных образцов проводилось через 28 суток нормального хранения после дозаполнения форм на прессе SHENLI WAW-600kN. Нагрузка прикладывалась вдоль плоскости рабочего шва. Схема проведения испытаний по второй методике представлена на рисунке 8.

Напряжение среза определялось как отношение максимальной нагрузки P (кг), при которой происхо-

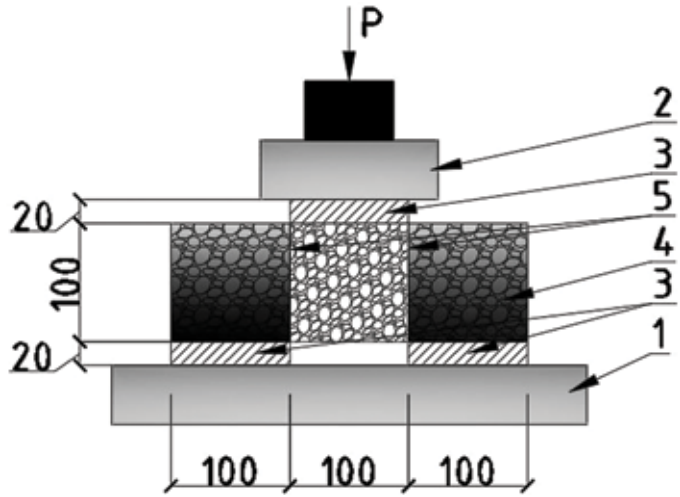


Рис. 8. Схема проведения испытаний бетонной балочки на срез в зоне технологического шва: 1 – опорная площадка пресса; 2 – рабочий шток пресса; 3 – металлическая пластина размером 100x100x20 мм; 4 – испытываемый образец-балка; 5 – плоскости среза

Fig. 8. Scheme for testing a concrete beam for shear in the area of the technological joint: 1 – the support platform of the press; 2 – the working rod of the press; 3 – a metal plate with a size of 100x100x20 mm; 4 – the test sample-a beam; 5 – the cut planes

Табл. 4. Прочность бетона рабочего шва на срез
Tab. 4. Shear strength of concrete of the technological joint

№ состава	Тип смеси, уровень pH затворяющей жидкости	Режим выдержи-вания	Прочность, МПа
1	Клинкерная, pH = 7,1	1/28	0,21
		28/28	0,92
2	Шлакощелочная, pH = 10,9	1/28	0,16
		28/28	0,76
3	Шлакощелочная, pH = 12,4	1/28	0,47
		28/28	2,62

дит разрушение образца, к площади одной плоскости среза F (см²).

Результаты

Данные испытаний занесены в таблицу 4 и представлены в графическом виде (рисунок 9).

Обсуждение

Из данных, представленных в таблице, видно, что прочность стыка, который был выполнен через 1 сутки, значительно ниже, чем соединения, выполненного в 28-суточном возрасте.

Это можно объяснить тем, что проникающая способность частиц «нового» бетона в односуточный бетон ниже из-за его высокого водонасыщения, то есть еще большая часть воды в бетоне не прореагировала с цементом и находится в свободном несвязном состоянии.

На рисунке 9 представлены данные прочности соединения «старого» клинкерного бетона и «нового» шлакощелочного бетона, имеющих разные значения pH. Эти значения приведены в относительном процентном соотношении к контрольному образцу бетона на клинкерном вяжущем с pH = 7,1.

Как видно из графика, наибольший прирост прочности рабочего шва на срез наблюдается в случае укладки в качестве нового слоя шлакощелочной смеси с pH затворяющей жидкости 12,4. Это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что с увеличением pH шлакощелочного бетона увеличивается прочность его соединения с бетоном на клинкерном вяжущем.

Заключение

С повышением прочности вновь укладываемого бетона прочность рабочего шва на сжатие также увеличивается.

С повышением уровня pH щелочного компонента в шлакощелочных бетонах активность шлаковых вяжущих возрастает, это свойство было описано [16], и его можно наблюдать на представленных выше графиках (рисунки 4, 6, 9). Ранее профессор В. Д. Глуховский отмечал зависимость активности шлаковых вяжущих от pH среды: с повышением уровня pH активность возрастает, что находит подтверждение в данных экспериментах. Максимальные значения прочности имеет состав с pH затворяющего раствора

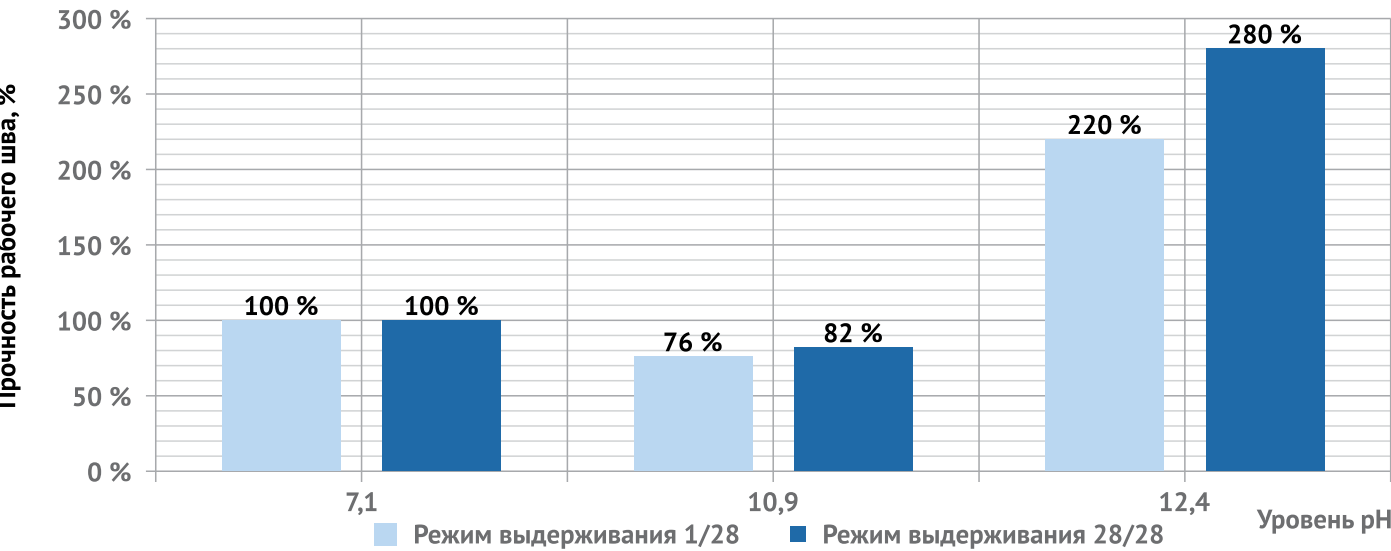


Рис. 8. Диаграмма прочности рабочего шва на срез при различном уровне pH затворяющего раствора
Fig. 8. Diagram of the shear strength of the technological joint at different pH levels

12,4. Отметим, что данный уровень pH является оптимальным: согласно исследованиям, представленным в источниках [17; 18], при pH среды больше 11,8 степень коррозии арматурной стали – наименьшая (степень коррозии 0 при возможных вариантах степеней от 0 до V).

Низкие показатели прочности образцов из состава № 2 (pH затворяющего раствора 10,9) по сравнению с образцами состава № 1 (pH = 7,1) могут быть обусловлены особенностями кинетики набора проч-

ности шлакощелочных бетонов: как известно [18], к 28-м суткам выдерживания в нормальных условиях шлакощелочные бетоны набирают около 80 % прочности.

Полученные результаты дают основание рекомендовать бетонную смесь на шлаковом вяжущем, затворенную щелочным раствором с высоким уровнем pH, для устройства технологических швов бетонирования и замоноличивания стыков в сборно-монолитных конструкциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов С. И. Дефектоскопия рабочих швов бетонирования / С. И. Иванов, Б. Х. Тухтаев // Бетон и железобетон. – 2010. – № 3. – С. 21–24.
2. Коянкин А. А. Влияние шва бетонирования на работу конструкции / А. А. Коянкин, В. И. Белецкая, А. И. Гузевская // Вестник МГСУ. Строительство. Архитектура. – 2014. – № 3. – С. 76–80.
3. Навшад М. Д. М. Исследование напряженно-деформированного состояния монолитных железобетонных плит перекрытий с дефектами: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Мохаммед Джалил Мохаммед Навшад ; Российский университет дружбы народов (РУДН). – Москва, 2004. – 15 с. – Текст непосредственный.
4. Issa C. A. The effect of concrete vertical construction joints on the modulus of rupture / C. A. Issa, N. N. Gerges, S. Fawaz // Case Studies in Construction Materials. – 2014. – Vol. 1. – P. 25–32.
5. He Y. Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding / Y. He [et al.] // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 151. – P. 582–590.
6. Silfwerbrand J. Improving concrete bond in repaired bridge decks / J. Silfwerbrand // Concrete International. – 1990. – Vol. 36. – P. 61–66.
7. Silfwerbrand J. Shear Bond Strength in Repaired Concrete Structures / J. Silfwerbrand // Materials & Structures. – 2003. – Vol. 36. – P. 419–424.
8. Головнев С. Г. Сцепление бетона в зоне технологического шва / С. Г. Головнев, С. Б. Коваль, М. В. Молодцов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2005. – Вып. 3, № 13 (53). – С. 71–74.
9. Koval S. B. Analysis of Various Media Concrete Penetrating Ability Depending on Different Factors Affecting Water Absorption / S. B. Koval, M. N. Kagan. – DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.557 // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 206. – P. 819–825.
10. Kagan M. N Research the influence of acoustical treatment of concrete on its water absorption /

M. N. Kagan, A. K. Baiburin, S. B. Sapozhnikov. – DOI 10.1088/1757-899X/451/1/012087 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 451.
11. Каган М. Н. Исследование проникающей способности различных сред в бетон в зависимости от технологических факторов, влияющих на его влагопоглощение / М. Н. Каган, А. Х. Байбуurin, С. Б. Коваль. – DOI: 10.14529/build200104 // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2020. – № 1 (20). – С. 34–45.
12. Ефимов А. И. Свойства неорганических соединений : справочник / А. И. Ефимов [и др.] – Ленинград : Химия, 1983. – 392 с.
13. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний : ГОСТ 31356-2007 : Межгосударственный стандарт : введ. в дейст. Приказом Фед. агентства по тех. регулированию и метрологии от 27 марта 2008 г. № 63-ст с 1 января 2009 г. : актуализирован 01.01.2021 // МНТКС. – Москва, 2008. – Издание официальное.
14. Зиневич А. М. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии / А. М. Зиневич, В. И. Глазков, В. Г. Котик. – Москва : Недра, 1975. – 288 с.
15. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия : ГОСТ 23732-2011 : Межгосударственный стандарт : введ. в дейст. Приказом Фед. агентства по тех. регулированию и метрологии от 31 мая 2012 г. № 97-ст с 1 октября 2012 г. // Стандартинформ. – Москва, 2019. – Издание официальное.
16. Глуховский В. Д. Шлакощелочные цементы и бетоны / В. Д. Глуховский, В. А. Пахомов. – Киев : Будивельник, 1978. – 184 с.
17. Васильев А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263с.
18. Бабушкин В. И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона / В. И. Бабушкин. – Москва : Стройиздат, 1968. – 187 с.

REFERENCES

1. Ivanov S. I. Defektoskopiya rabochikh shvov betonirovaniya [Defectoscopy of working joints of concreting] / S. I. Ivanov, B. Kh. Tukhtaev // Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. – 2010. – № 3. – P. 21–24.
2. Koyankin A. A. Vliyaniye shva betonirovaniya na rabotu konstruktssii [The influence of the concreting seam on the work of the structure] / A. A. Koyankin, V. I. Beletskaya, A. I. Guzhevskaya // Vestnik MGSU.

Stroitel'stvo. Arkhitektura [Bulletin of the MSUCE. Building. Architecture]. – 2014. – № 3. – P. 76–80.
3. Navshad M. D. M. Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya monolitnykh zhelezobetonnykh плит perekrytij s defektami: avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk : 05.23.01 [Investigation of the stress-strain state of monolithic reinforced concrete slabs with defects: abstract. dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.23.01] / Mokhammed Dzhali

- Mokhammed Navshad ; Rossijskij universitet družby narodov (RUDN) [Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)]. – Moscow. – 2004. – 15 p.
4. Issa C. A. The effect of concrete vertical construction joints on the modulus of rupture / C. A. Issa, N. N. Gerges, S. Fawaz // Case Studies in Construction Materials. – Vol. 1. – 2014. – P. 25–32.
 5. He Y. Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding / Y. He [et al.] // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 151. – P. 582–590.
 6. Silfwerbrand J. Improving concrete bond in repaired bridge decks / J. Silfwerbrand // Concrete International. – 1990. – Vol. 36. – P. 61–66.
 7. Silfwerbrand J. Shear Bond Strength in Repaired Concrete Structures. / J. Silfwerbrand // Materials & Structures. – 2003. – Vol. 36. – P. 419–424.
 8. Golovnyov S. G. Stseplenie betona v zone tekhnologicheskogo shva [Coupling of concrete in the zone of the technological seam] / S. G. Golovnyov, S. B. Koval, M. V. Molodtsov // Vestnik Juzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya «Stroitel'stvo i Arkhitektura» [Bulletin of the South Ural State University. The series «Construction Engineering and Architecture»]. – 2005. – Iss. 3, № 13 (53). – P. 71–74.
 9. Koval S. B. Analysis of Various Media Concrete Penetrating Ability Depending on Different Factors Affecting Water Absorption / S. B. Koval, M. N. Kagan. – DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.557 // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 206. – P. 819–825.
 10. Kagan M. N. Research the influence of acoustical treatment of concrete on its water absorption / M. N. Kagan, A. Kh. Baiburin, S. B. Sapozhnikov. – DOI 10.1088/1757-899X/451/1/012087 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 451.
 11. Kagan M. N. Issledovanie pronikayushhej sposobnosti razlichnykh sred v beton v zavisimosti ot tekhnologicheskikh faktorov, vliyayushhikh na ego vlagopogloshhenie [Investigation of the penetrating ability of various media in concrete depending on technological factors affecting its moisture absorption] / M. N. Kagan, A. Kh. Baiburin, S. B. Koval. – DOI 10.14529/build200104 // Vestnik Juzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya «Stroitel'stvo i Arkhitektura» [Bulletin of the South Ural State University. The series «Construction Engineering and Architecture»]. – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 34–45.
 12. Efimov A. I. Svoystva neorganicheskikh soedinenij [Properties of inorganic compounds: a reference book] / A. I. Efimov [et al.]. – Leningrad : Khimiya. – 1983. – 392 p.
 13. Smesi sukhie stroitel'nye na tsementnom vyazhushhem. Metody ispytaniy [Dry construction mixes on a cement binder. Test methods] : GOST 31356-2007 : Mezhdgosudarstvennyj standart [Interstate standard: introduction] : vved. v dejst. Prikazom Fed. agentstva po tekhn. regulirovaniyu i metrologii ot 27 marta 2008 g. № 63-st s 1 yanvarya 2009 g. : aktualizirovan 01.01.2021 [in deist. by order of the Federal Agency for Technical regulation and metrology of March 27, 2008 No. 63-st from January 1, 2009: updated 01.01.2021] // ISTCS. – Moscow, 2008. – Izdanie ofitsial'noe [Official publication].
 14. Zinevich A. M. Zashhita truboprovodov i rezervuarov ot korrozii [Protection of pipelines and reservoirs from corrosion] / A. M. Zinevich, V. I. Glazkov, V. G. Kotik. – Moscow : Nedra. – 1975. – 288 p.
 15. Voda dlja betonov i stroitel'nykh rastvorov. Tekhnicheskie usloviya [Water for concrete and mortar. Technical specifications]: GOST 23732-2011 : Mezhdgosudarstvennyj standart : vved. v dejst. Prikazom Fed. agentstva po tekhn. regulirovaniyu i metrologii ot 31 maya 2012 g. № 97-st s 1 oktyabrya 2012 g. [Interstate standard: introduction. in deist. By order of the Federal Agency for Technical regulation and metrology of May 31, 2012 No. 97-st from October 1, 2012] // Standartiform. – Moscow, 2019. – Izdanie ofitsial'noe [Official publication].
 16. Glukhovskij V. D. Shlakoshhelochnye tsementy i betony [Slagoshchelochnye cements and concretes] / V. D. Glukhovskij, V. A. Pakhomov. – Kiev : Budivelnik. – 1978. – 184 p.
 17. Vasil'ev A. A. Karbonizatsiya i otsenka povrezhdennosti zhelezobetonnykh konstruksij [Carbonization and assessment of damage to reinforced concrete structures] / A. A. Vasil'ev. – Gomel' : BelGUT. – 2012. – 263 p.
 18. Babushkin V. I. Fiziko-khimicheskie processy korrozii betona i zhelezobetona [Physico-chemical processes of concrete and reinforced concrete corrosion] / V. I. Babushkin. – Moscow : Strojizdat. – 1968. – 187 p.

НОВОСТЬ

Специальному курсу обучения для государственных служащих дан старт

Минстрой России, ДОМ.РФ и НИУ Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) разработали специальный базовый курс «Технологии информационного моделирования» (ТИМ) для обучения государственных служащих высшей группы должностей. Курс стартует 1 ноября 2021 г.

Цифровизация на каждом этапе жизненного цикла объекта сегодня является объективной реальностью строительной отрасли. Трансформация – необходимый шаг, который призван повысить качество и эффективность строительного процесса. Внедрение ТИМ, в свою очередь, позволит повысить производи-

тельность, ускорить срок реализации проектов и оптимизировать строительно-инвестиционный цикл.

«Сотрудничество с ДОМ.РФ при поддержке Минстроя России будет способствовать востребованности наших образовательных программ. В частности, именно эти задачи сейчас и решает НИУ МГСУ в соответствии со своей программой развития на период 2021–2030 годов в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030», – отметил Павел Акимов, ректор НИУ МГСУ.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69.05

DOI 10.54950/26585340_2021_3_3

Мониторинг реконструируемых зданий с использованием 3D-сканеров

Monitoring of reconstructed buildings using 3D scanners

Галиев Ильяс Халимович

Ассистент кафедры «Технологии строительного производства», Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 420043, Казань, улица Зеленая, 1, galiev-ih@kgsu.ru

Galiev Ilyas Halimovich

Assistant of the Department of Building Production Technologies, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 420043, Kazan, ulitsa Zelenaya, 1, galiev-ih@kgsu.ru

Ибрагимов Руслан Абдирашитович

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технологии строительного производства», Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 420043, Казань, улица Зеленая, 1, rusmag007@yandex.ru

Ibragimov Ruslan Abdirashitovich

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Building Production Technologies, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 420043, Kazan, ulitsa Zelenaya, 1, rusmag007@yandex.ru

Аннотация

При проведении реконструкции зданий возникает необходимость в геотехническом мониторинге, при котором зачастую требуется высокая точность геодезических измерений деформаций и смещений несущих конструкций. Кроме того, при реконструкции зданий и сооружений, особенно объектов культурного наследия, наблюдается тенденция создания и использования 3D-модели объекта и разработки технической документации на основе данной модели, учитывающей все архитектурные особенности объекта. В статье предлагается использование приборов наземного лазерного сканирования в качестве геодезических средств измерений при мониторинге зданий в период проведения работ. Приведена технологическая последовательность работы рассматриваемых приборов лазерного сканирования (3D-сканер, лазерный трекер), установлено среднее

время работы и обработки информации с данными типами приборов и приведено сравнение с тахеометром, традиционно используемым во время геодезических измерений. Предлагается конструкция универсальной геодезической марки, позволяющей проводить измерения с указанными приборами. Данные исследования позволяют строительным предприятиям определять выбор и способ геотехнического мониторинга реконструируемых зданий в зависимости от требуемой точности измерений. При этом наиболее точным и трудозатратным оказался способ использования высокоточного лазерного трекера.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, здание, сканирование, 3D-сканер, наземное лазерное сканирование, контроль качества работ.

Abstract

During the reconstruction of buildings, there is a need for geotechnical monitoring, which requires high accuracy of geodetic measurements for deformations of load-bearing structures. In addition, during the reconstruction of buildings and structures, especially cultural heritage

objects, there is a tendency to create and use a 3D model of the object and develop technical documentation based on this model, taking into account all the architectural features of the object. The article suggests the use of ground-based laser scanning devices as geodetic measuring instruments

for monitoring buildings during the work period. The technological sequence of operation of ground-based laser scanning devices (3D scanner, laser tracker) is given. The average time of operation and processing of information with these types of devices is established, and a comparison with a total station traditionally used during geodetic measurements is given. The design of a universal geodetic mark is proposed, which allows measurements to be carried out with these devices. These studies will allow construction

companies to make a choice and a method of geotechnical monitoring of reconstructed buildings, depending on the required measurement accuracy. At the same time, the method of using a high-precision laser tracker turned out to be the most accurate and labor-intensive.

Keywords: geotechnical monitoring, building, scanning, 3D scanner, ground-based laser scanning, quality control of work.

Введение

При строительстве и реконструкции зданий и сооружений, при выполнении мероприятий, затрагивающих несущие конструкции, с возможными силовыми воздействиями на конструктивные элементы здания, влияющими на пространственную жесткость, а также с демонтажем, углублением и усилением фундаментов, стен и перекрытий, возникает необходимость определения горизонтальных и вертикальных деформаций обследуемого объекта. Данные работы относятся к геотехническому мониторингу, который входит в состав работ научно-технического сопровождения объектов строительства [1].

В соответствии с СП 22.13330.2016 геотехнический мониторинг – комплекс работ, основанный на натурных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания и конструкций сооружений окружающей застройки. Геотехнический мониторинг осуществляется в период строительства (в том числе в период сноса до начала строительства) и на начальном этапе эксплуатации вновь возводимых или реконструируемых объектов.

Целью геотехнического мониторинга является обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности объектов нового строительства или реконструкции, включая здания и сооружения окружающей застройки, за счет своевременного выявления изменения контролируемых параметров конструкций и грунтов оснований, которые могут привести к переходу объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

При геотехническом мониторинге применяют различные методы: визуально-инструментальный, геодезический, параметрический, гидрогеологический и др.

В соответствии с нормами СП 305.1325800.2017, СП 22.13330.2016, для технического обеспечения геодезического метода рекомендовано использовать такие приборы, как нивелиры, теодолиты, тахеометры, сканеры (оптические, электронные, лазерные и др.) и навигационные спутниковые системы. Однако в таблице 6.1 «Основные геодезические методы и средства измерений, применяемые при геотехническом мониторинге» СП 305.1325800.2017, в которой рассмотрены приборы от нивелиров до автоматизированных аппаратно-программных систем, состоящих

из приемников (роверов) и базовых станций, не представлены данные по использованию трехмерных наземных лазерных сканеров и трекеров.

В настоящее время при контроле качества строительного-монтажных работ и при мониторинге зданий и сооружений применяют новые технологичные и информационные методы [2–5]. В основном использование 3D-сканеров направлено на проектирование объектов различного назначения [6] либо может быть задействовано при реконструкции и мониторинге объектов архитектурного наследия [7]. При этом исследований, посвященных использованию 3D-сканеров при мониторинге реконструируемых зданий, практически нет.

В технологии наземного лазерного сканирования (НЛС) реализован принцип дистанционного зондирования, позволяющий собирать информацию об исследуемом объекте, находясь на расстоянии от него. По результатам работы создается облако точек, которое в дальнейшем можно перевести в компьютерные модели. В работах [8; 9] установлено, что метод НЛС имеет минимальные погрешности и ограничения, связанные с отсутствием достаточной нормативной базы.

Цель статьи – разработка алгоритма использования 3D-сканеров при геотехническом мониторинге реконструируемых зданий.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся дом купца Лисицына в г. Казани.

При мониторинге объекта реконструкции измерения осадок изначально велись с помощью электронного тахеометра Sokkia SET 550RX [10-11] методом периодического наблюдения за марками.

При использовании метода для передачи материала геодезист конвертирует файл, полученный от тахеометра, в требуемый формат, например, *.dwg, и обрабатывает полученные результаты. При этом точки тахеометра расположены в трехмерном пространстве.

В последнее время для таких работ широкое распространение получили 3D-сканеры различного типа. По принципу действия данные типы приборов разделяют на контактные и бесконтактные. Наиболее широко распространены бесконтактные типы сканеров – их принято называть наземными лазерными сканерами, или 3D-сканерами.

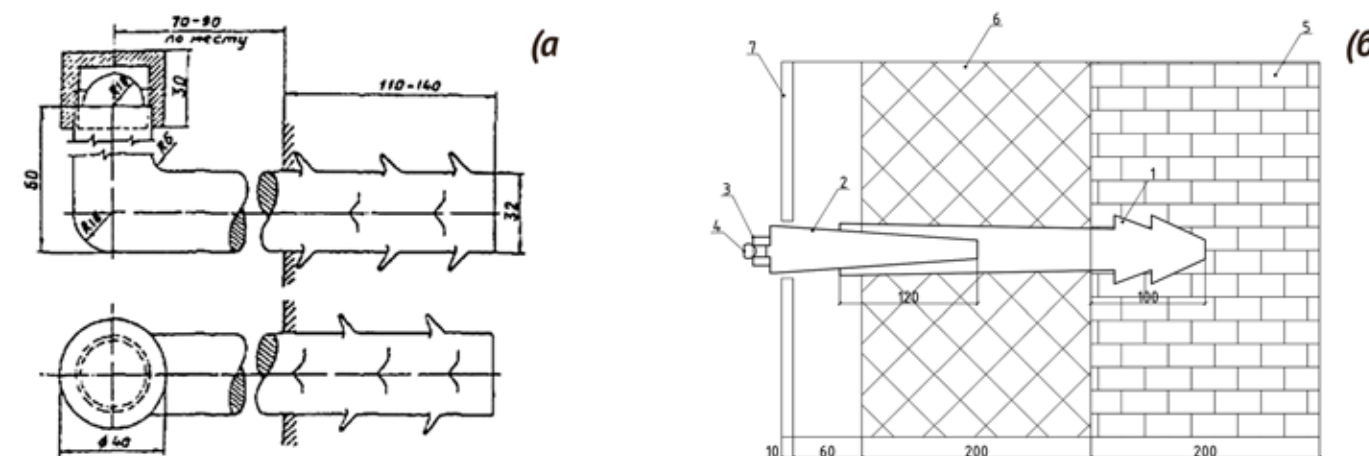


Рис. 1. Классическая конструкция деформационной марки по СО 153-34.21.322-2003 (а) и предлагаемая конструкция деформационной марки (б)

Fig. 1. The classical design of the deformation mark according to OS 153-34. 21. 322-2003 (a) and the proposed design of the deformation mark (b)

С целью определения деформаций реконструируемого здания, кроме широко известного метода с применением тахеометра, в данной статье рассматривается использование следующих видов 3D-сканеров: 3D-сканер FARO Focus S 150 [12] и трекер API RADIANT R20 [13].

Для обработки результатов 3D-сканера последовательно используется следующее программное обеспечение: FARO® SCENE software is specifically designed for all FARO ► Recap ► AutoCAD, Revit.

Для обработки результатов трекера – API RADIANT R20 ► Spatial Analyzer ► AutoCAD, Revit.

Результаты исследования

Для получения максимально точных результатов геотехнического мониторинга необходимо наличие предварительно установленных неподвижных марок (рисунок 1). Однако имеющиеся в нормативной базе геодезические марки не позволяют полноценно использовать функциональные возможности НЛС.

На рисунке 1 (б) представлена схема предлагаемой геодезической марки для наблюдения за деформациями здания, где 1 – основание геодезической марки, устанавливаемое в ограждающие конструкции зданий (5); 2 – стальной держатель конической формы, который устраивается перед проведением измерений на соединении штифтового типа в основание; 3 – маг-

нит, в вырез которого устанавливается уголкового отражателя (4).

Сферические отражатели трекера и держатели для них представлены на рисунке 2.

Схема установки 3D-сканеров, реперов на исследуемом объекте представлена на рисунке 3.

Для геодезического мониторинга за техническим состоянием одной наружной стены обследуемого реконструируемого объекта, ввиду ограничений, связанных с рельефом и плотностью застройки, были организованы 2 стоянки приборов и установлены 2 группы по 3 репера, 4 геодезические марки. При этом для работы трекера необходимо минимум 3 репера на 1 стоянку, а для работы 3D-сканера и тахеометра – минимум 2 репера на 1 стоянку.

Ввиду более высокой точности измерений трекеров, при выполнении работ с их использованием необходимо учитывать также температурный режим измерений на объекте и коэффициент температурного расширения материала несущего каркаса здания, так как при значительной протяженности объекта данные свойства могут влиять на точность геодезических измерений. В связи с этим, для минимизации погрешности результатов измерений, рекомендуется располагать геодезические марки в цокольной части зданий, по возможности ближе к земной поверхности.



Рис. 2. Сферические отражатели трекера и держатели для них
Fig. 2. Spherical tracker reflectors and holders for them

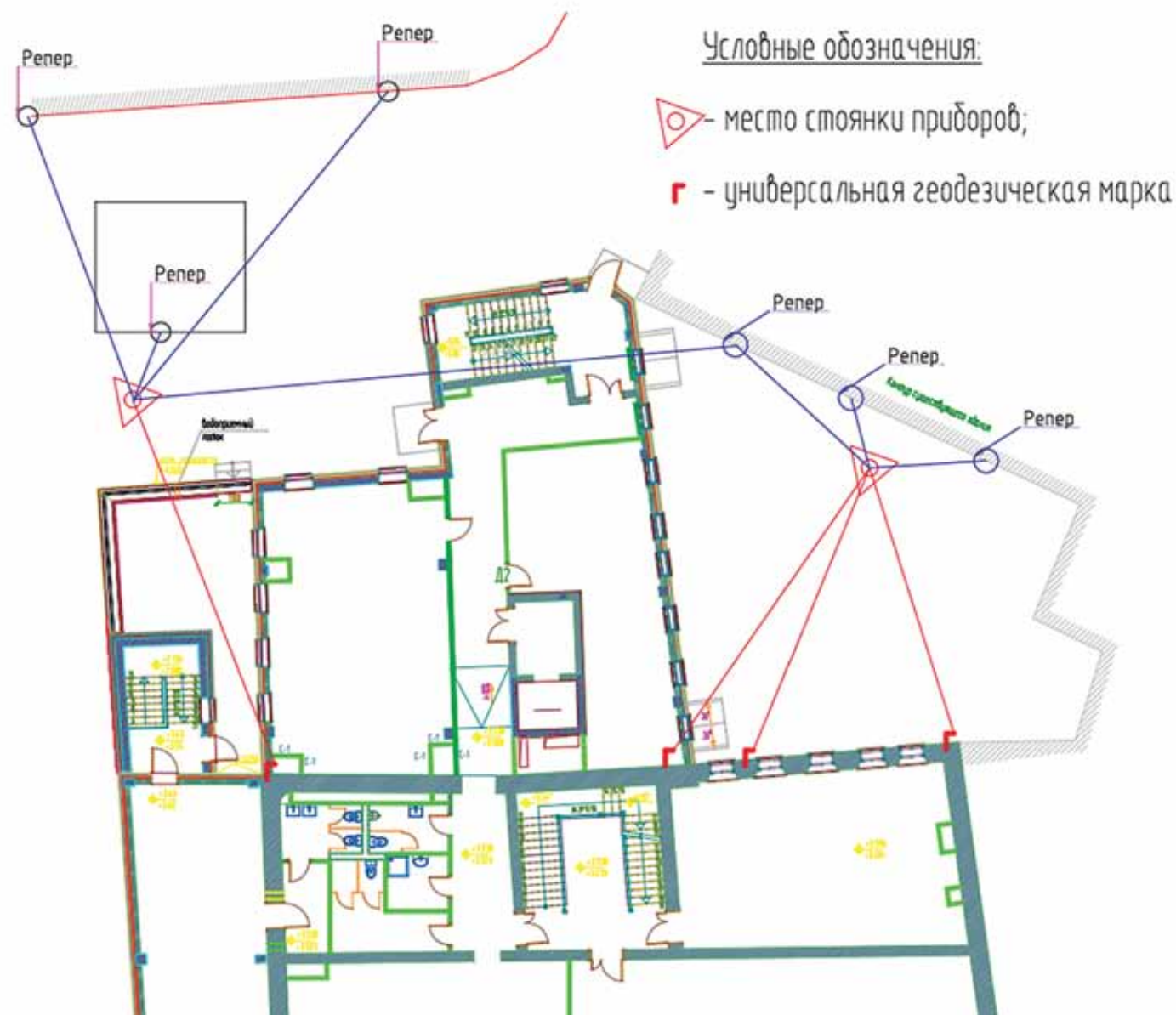


Рис. 3. Схема установки 3D-сканеров, реперов на примере исследуемого объекта
Fig. 3. Scheme of installation of 3D scanners, reference points on the example of the object under study

сти. По данным маркам целесообразно определять неравномерность осадок разных частей здания. При определении кренов здания и горизонтальных деформаций замеры необходимо выполнять по дополнительным маркам, расположенным в парапетной части здания, в основном в вертикальной проекции цокольных маяков.

Величины коэффициентов линейного расширения α кладки либо другого материала следует принимать по соответствующим справочникам либо нормативной документации. Размерность коэффициента расширения $м/(м \cdot ^\circ C)$ или $1/град (K^{-1})$. Например, для кирпича керамического полнотелого, пустотелого и керамических камней $\alpha^t = 6 \cdot 10^{-6}$, для железобетона $12 \cdot 10^{-6}$.

Приведем примерные параметры термического расширения для объекта исследования в зависимости от температуры наружного воздуха. Точкой отсчета служат измерения при температуре $+15^\circ C$

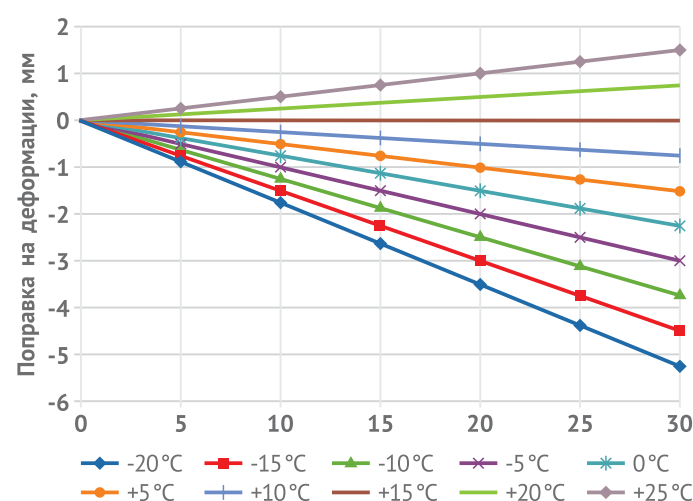


Рис. 4. Зависимость поправок на деформацию от расстояния и температуры наружного воздуха
Fig. 4. Dependence of deformation corrections on distance and outdoor air temperature

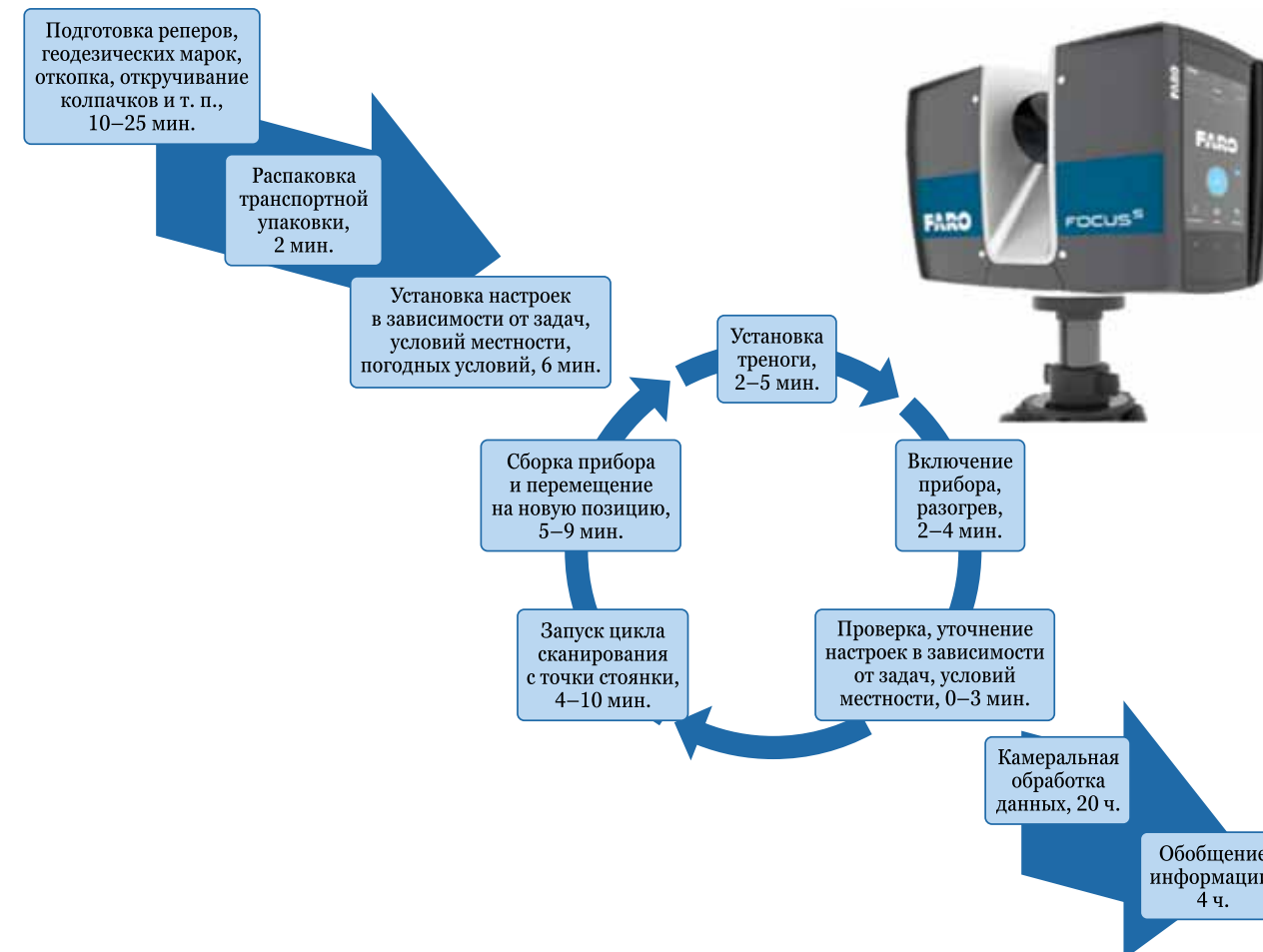


Рис. 5. Последовательность работы НЛС
Fig. 5. The sequence of operation of the 3D scanner

(рисунок 4). Кроме того, в данном исследовании выполнялся хронометрический анализ времени работы с различными типами приборов. При проведении мониторинга исследуемого реконструируемого здания технологическая последовательность установки и работы 3D-сканеров зависела от конкретной модели. Последовательность технологических работ по установке, режиму съемки представлена на рисунке 5 на примере 3D-сканера (НЛС).

Технологическая последовательность установки и работы с тахеометром и 3D-сканерами представлена в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что общее количество операций при работе с исследуемыми приборами, включая подготовительный процесс, составляет порядка 8 наименований. При этом на втором и последующих циклах время работы сокращается за счет исключения отдельных операций.

На основе таблицы 1 составлена таблица 2, включающая суммарное время работы исследуемых приборов, норму времени и состав звена.

На основе анализа таблицы 2 установлено, что среднее время работы тахеометра на первой точке стоянки составляет: 29,5 мин при первом цикле и 13 мин на последующих точках. Среднее время работы 3D-сканера на первой точке стоянки – 33 мин при

первом цикле и 15,5 мин на последующих точках. Среднее время работы трекера на первой точке стоянки – 70,5 мин при первом цикле измерений звеном из 2 человек и 37 мин на последующих точках.

Рассматриваемые приборы также отличаются по точности измерений. Например, в работах [8; 14] установлено, что точность измерений лазерного сканера значительно выше заявленной производителем и его применение рекомендуется при проведении высокоточных инженерно-геодезических работ. Наиболее точным прибором является лазерный трекер, погрешность измерения которого составляет $\pm 0,5$ мм [14].

Заклучение

1. При геотехническом мониторинге зданий и сооружений, особенно объектов культурного наследия, предъявляются повышенные требования к точности геодезических измерений. В качестве геодезических средств измерений предлагается использование 3D-сканера и высокоточного лазерного трекера.

2. Для проведения геотехнического мониторинга реконструируемых зданий с использованием приборов наземного лазерного сканирования разработана универсальная конструкция геодезической марки, имеющее гнездо для размещения углового отражателя.

Табл. 1. Последовательность установки и работы приборов
Tab. 1. The sequence of installation and operation of devices

Номер работы	Тахеометр	Тип сканера	
	Sokkia SET 550RX	3D-сканер FARO Focus S150	API RADIAN R20
Подготовительные работы			
1	Загрузка проектных данных в память прибора, 10 мин.	Установка настроек, 10 мин.	Подготовка источника питания, 17 мин.
2	Распаковка транспортной упаковки, 1–2 мин.	Распаковка транспортной упаковки, 1–2 мин.	Распаковка транспортной упаковки, 8 мин.
3	Установка настроек в зависимости от задач, условий местности, 5 мин.	Установка настроек в зависимости от задач, условий местности, погодных условий, 6 мин.	Установка настроек в зависимости от задач, условий местности, погодных условий, 6–11 мин.
Подготовительные работы			
4	Установка треноги, 2–5 мин.	Установка треноги, 2–5 мин.	Установка треноги, подготовка места для периферийного оборудования, подключение интерфейса, 13–20 мин.
5	Включение прибора, разогрев, 1–4 мин		Включение ноутбука, прибора, источников питания, 4–10 мин
6	—	—	Проверка настроек программы, 3 мин
7	Привязка к неподвижным реперам, 3 мин.		Привязка к неподвижным реперам, 3–5 мин.
8	Снятие показаний по контрольным точкам, 4 мин.	Запуск цикла сканирования с точки стоянки, 6–13 мин	Снятие показаний по контрольным точкам, 5–8 мин.
Перемещение на следующую позицию, повтор цикла по пунктам 4–8			

Табл. 2. Сводные данные по работе исследуемых приборов
Tab. 2. Summary data on the operation of the studied devices

Параметр	Тахеометр	Тип сканера	
	Sokkia SET 550RX	3D-сканер FARO Focus S150	API RADIAN R20
Суммарное время	– 29,5 мин на первом цикле измерения; – 13 мин на последующие циклы	– 33 мин на первом цикле измерения; – 15,5 мин на последующие циклы	– 70,5 мин на первом цикле измерения; – 37 мин на последующие циклы
Норма времени	0,49 чел/ч при первом измерении, 0,217 чел/ч при последующих	0,55 чел/ч при первом измерении, 0,258 чел/ч при последующих	1,175 чел/ч при первом измерении, 0,62 чел/ч при последующих
Состав звена	Геодезист 6 разряда, геодезист 4 разряда	Геодезист 6 разряда	Геодезист 6 разряда, геодезист 4 разряда

3. Приведены технологическая последовательность работы приборов наземного лазерного сканирования (3D-сканер, лазерный трекер), среднее время работы и обработки информации с данными типами приборов и сравнение с тахеометром, традиционно используемым во время геодезических измерений.

4. При этом наиболее точным и трудозатратным оказался способ использования высокоточного лазерного трекера, составляющий 70,5 мин при первом цикле измерений звеном из 2 человек и 37 мин на последующих точках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лapidус А. А. Научно-техническое сопровождение изысканий, проектирования и строительства как обязательный элемент достижения требуемых показателей проекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 11 (134). – С. 1428–1437.

2. Коренев В. В. Строительный контроль зданий и сооружений с применением мультикоптеров и фотограмметрии / В. В. Коренев, Н. С. Орлова, А. В. Улыбин, С. Д. Федотов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 2 (65). – С.40–58.

3. Матвеев Р. А. Современные способы операционного контроля качества строительно-монтажных работ / Р. А. Матвеев, Д. П. Клочков, И. В. Стефаненко, Д. В. Куранов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2017. – № 49 (68). – С. 53–68.

4. Тюрин С. В. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры / С. В. Тюрин, С. Г. Тихонов // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 7. – С. 25–30.

5. Tesse D. Stek Drones over Mediterranean landscapes. The potential of small UAV's (drones) for site detection and heritage management in archaeological survey projects: A case study from Le Pianelle in the Tappino Valley / D. Tesse // Journal of Cultural Heritage. – 2016. – № 22. – P. 1066–1071.

6. Киямов И. К. Технология лазерного сканирования в 3D-проектировании / И. К. Киямов, Р. Х. Мингазов, А. Ф. Музафаров, Р. А. Ибрагимов, А. А. Сибгатуллин // Экспозиция Нефть Газ. – 2013. – № 7 (32). – С. 41–43.

7. Парфенов В. А. Применение лазерного 3D-сканирования для мониторинга скульптурных памятников / В. А. Парфенов, О. В. Франк-Каменецкая, И. А. Леонова, С. Л. Мошкина, Е. Е. Мошников // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2018. – № 3. – С. 73–79.

REFERENCES

1. Lapidus A. A. Nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie izyskanij, proektirovaniya i stroitel'stva kak obyazatel'nyj ehlement dostizheniya trebuemykh pokazatelej proekta [Scientific and technical support of research, design and construction as a mandatory element of achieving the required project indicators] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of the MSCU]. – 2019. – Vol. 14. – № 11 (134). – P. 1428–1437.

2. Korenev V. V. Stroitel'nyj kontrol' zdaniy i sooruzhenij s primeneniem mul'tikopterov i fotogrammetrii [Construction control of buildings and structures using multicopters and photogrammetry] / V. V. Korenev, N. S. Orlova, A.V. Ulybin, S. D. Fedotov // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]. – 2018. – № 2 (65). – P. 40–58.

3. Matveev R. A. Sovremennye sposoby operatsionnogo kontrolya kachestva stroitel'no-montazhnykh rabot [Modern methods of operational quality control of construction and installation works] / R. A. Matveev, D. P. Klochkov, I. V. Stefanenko, D. V. Kuranov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of the Volgograd State

8. Середович В. А. Исследования точности измерений, выполненных наземным лазерным сканером / В. А. Середович, А. В. Иванов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 1, № 3. – С. 134–143.

9. Peng Feng. Use of 3D laser scanning on evaluating reduction of initial geometric imperfection of steel column with pre-stressed CFRP / Peng Feng, Yichong Zou, Lili Hu, TianQiao Liu. – DOI 10.1016/j.engstruct.2019.109527 // Engineering Structures. – 2019.

10. Галиев И. Х. Научно-техническое сопровождение объекта культурного наследия дома купца Лисицына при проведении строительно-монтажных работ по его реставрации и реконструкции / И. Х. Галиев, А. Х. Ашрапов, Р. А. Ибрагимов // Известия КГАСУ. – 2018. – № 1 (43). – С. 211–218.

11. Универсальные тахеометры серии FX // Sokkia Россия : [официальный сайт]. – URL: <https://www.sokkia.ru/products/optical-instruments/reflectorlessprism/fx-advanced-total-station-series> (дата обращения: 30.07.2021).

12. FARO. Купить лазерные сканеры FARO по выгодной цене // ООО «Технокауф» : [официальный сайт]. – URL: <http://www.faro.com.ru/#s150> (дата обращения: 30.07.2021).

13. Portable Laser Tracker Radian for all measuring tasks – API Metrology // Automated Precision Inc (API) : [официальный сайт]. – URL: <https://apimetrology.com/radian/> (дата обращения: 30.07.2021).

14. Галиев И. Х. Возможности 3d-сканеров при мониторинге реконструируемых зданий / И. Х. Галиев, Р. А. Ибрагимов, А. Х. Ашрапов. – DOI 10.23968/BIMAC.2021.035 // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции. – СПбГАСУ, 2021. – С. 274–281.

University of Architecture and Civil Engineering. Series: construction and architecture]. – 2017. – № 49 (68). – P. 53–68.

4. Tyurin S.V. Sochetanie metodov trekhmernogo lazernogo skanirovaniya i tsifrovoy fotogrammetricheskoj s'emki dlya fiksatsii i obmera pamyatnikov arkhitektury [Combination of methods of three-dimensional laser scanning and digital photogrammetric shooting for fixing and measuring architectural monuments] / S. V. Tyurin, S. G. Tikhonov // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [Engineering and Construction journal]. – 2010. – № 7. – P. 25–30.

5. Tesse D. Stek Drones over Mediterranean landscapes. The potential of small UAV's (drones) for site detection and heritage management in archaeological survey projects: A case study from Le Pianelle in the Tappino Valley / D. Tesse // Journal of Cultural Heritage. – 2016. – № 22. – P. 1066–1071.

6. Kiyamov I. K. Tekhnologiya lazernogo skanirovaniya v 3D-proektirovanii [Laser scanning technology in 3D design] / I. K. Kiyamov, R. H. Mingazov, A. F. Muzafarov, R. A. Ibragimov, A. A. Sibgatullin // Ehkspozitsiya Neft' Gaz [Exhibition Oil And Gas]. – 2013. – № 7 (32). – P. 41–43.

7. Parfyonov V. A. Primenenie lazernogo 3D-skanirovaniya dlya monitoringa skul'pturnykh pamyatnikov [Application of 3D laser scanning for monitoring sculptural monuments] / V. A. Parfyonov, O. V. Frank-Kamenetskaya, I. A. Leonova, S. L. Moshkina, E. E. Moshnikov // Izvestiya SPbGETU LETI [Proceedings of the Etu «LETI»]. – 2018. – № 3. – P. 73–79.
8. Seredovich V. A. Issledovaniya tochnosti izmerenij, vypolnennykh nazemnym lazernym skanerom [Studies of the accuracy of measurements made by a ground-based laser scanner] / V. A. Seredovich, A. V. Ivanov // Interehkspo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]. – 2013. – Vol. 1. – № 3. – P. 134–143.
9. Peng Feng. Use of 3D laser scanning on evaluating reduction of initial geometric imperfection of steel column with pre-stressed CFRP / Peng Feng, Yichong Zou, Lili Hu, TianQiao Liu. – DOI 10.1016/j.engstruct.2019.109527 // Engineering Structures. – 2019.
10. Galiev I. Kh. Nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie ob'ekta kul'turnogo naslediya doma kuptsa Lisitsyna pri provedenii stroitel'no-montazhnykh работ po ego restavratsii i rekonstruktsii [Scientific and technical support of the object of cultural heritage of the merchant Lisitsyn's house during construction and installation works for its restoration and reconstruction] / I. Kh. Galiev, A. Kh. Ashrapov, R. A. Ibragimov // Izvestiya KGASU [News of KSACU]. – 2018. – № 1 (43). – P. 211–218.
11. Universal'nye takheometry serii FX [Universal total stations of the FX series] // Sokkia Russia : [website]. – URL: <https://www.sokkia.ru/products/optical-instruments/reflectorlessprism/fx-advanced-total-station-series> (accessed: 30.07.2021).
12. FARO. Kupit' lazernye skanery FARO po vygodnoj tsene [Buy FARO laser scanners at a bargain price] // ООО «Tekhnokauf» [Technokauf LLC] : [website]. – URL: <http://www.faro.com.ru/#s150> (accessed: 30.07.2021).
13. Portable Laser Tracker Radian for all measuring tasks – API Metrology // Automated Precision Inc (API) : [website]. – URL: <https://apimetrology.com/radian/> (accessed: 30.07.2021).
14. Galiev I. Kh. Vozmozhnosti 3d-skanerov pri monitoringe rekonstruiemykh zdaniy [The possibilities of 3d scanners for monitoring reconstructed buildings] / I. Kh. Galiev, R. A. Ibragimov, A. H. Ashrapov // BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [BIM-modeling in construction and architecture problems: materials of the IV International Scientific and Practical Conference]. – SPbSACU, 2021. – P. 274–281.

НОВОСТЬ

Первый объединенный евразийский конгресс по ТИМ

23–24 ноября 2021 года в Москве на площадке НИУ МГСУ состоится Первый объединенный евразийский конгресс «ТИМ-сообщество – 2021. Люди. Технологии. Процессы».

Мероприятие проводится по инициативе Национального объединения организаций в сфере технологий информационного моделирования (НОТИМ) при поддержке Министерства строительства и ЖКХ РФ, а также Общественного совета при Минстрое России.

Конгресс призван объединить специалистов отрасли в области технологий информационного моделирования (ТИМ), создать единую платформу для получения актуальной информации о цифровых инновациях и выработать универсальные подходы и стандарты, которые позволят сделать переход участников инвестиционно-строительного процесса на ТИМ с 1 января 2022 года наиболее эффективным.

Работа конгресса включает в себя деловую и выставочную программы. Деловая программа конгресса разделена на три блока: «Люди», «Технологии», «Процессы». В рамках тематических панельных дискуссий эксперты обсудят роль государства и бизнеса в подготовке профессиональных кадров, развитии российского рынка программного обеспечения в сфере ТИМ, совершенствовании правовых и технологических норм в области цифровизации.

В выставочной части посетители смогут ознакомиться с информационными и презентационными стендами партнеров мероприятия, задать интере-

сующие вопросы специалистам и представителям компаний.

В деловой программе конгресса — доклады ведущих экспертов отрасли. Планируются выступления представителей Правительства Российской Федерации, Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Росреестра, Общественного совета при Минстрое России, ФАУ ФЦС, ДОМ.РФ, НОТИМ, НОСТРОЙ, Главгосэкспертизы России.

К участию приглашены представители государственных и общественных организаций, инвестиционно-строительного бизнеса, главы субъектов Российской Федерации, производители строительных материалов, разработчики отечественного программного обеспечения, специалисты ведущих зарубежных компаний.

«Конгресс должен стать ежегодным плановым событием в сфере ТИМ, главной площадкой страны для конструктивного диалога бизнеса и власти в этом направлении», — подчеркнул Первый заместитель министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ Александр Ломакин.

Очное участие в конгрессе примут более 400 специалистов. Также запланирована прямая онлайн-трансляция на YouTube.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69:658

DOI 10.54950/26585340_2021_3_4

Методика формирования временных параметров сетевого плана при организации капитального ремонта и реконструкции общественных зданий на основе нечетких множеств и отношений

Methodology for Forming Time Parameters of a Network Plan when Organizing a Capital Repair and Reconstruction of Public Buildings Based on Fuzzy Sets and Relations

Ершов Роман Михайлович

Соискатель (соискатель ученой степени), ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, ershovrm@mail.ru

Ershov Roman Mikhailovich

Applicant (competitor of a scientific degree) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'shosses, 26, ershovrm@mail.ru

Топчий Дмитрий Владимирович

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, dvtopchiy0405@gmail.com

Topchiy Dmitriy Vladimirovich

Ph. D. in Engineering Science, Assistant Professor, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'shosses, 26, dvtopchiy0405@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы построения сетевого плана выполнения работ по капитальному ремонту и реконструкции общественных зданий на основе формализации времени выполнения этапов и привлеченных ресурсов в виде нечетких чисел. В таком случае все характеристики сетевого плана также будут иметь нечеткую формализацию. Достаточно часто в процедурах параметризации временных характеристик, в том числе в методе PERT, используется бета-распределение, которое в качестве экспертных оценок его параметров имеет оптимистическую, пессимистическую и наиболее вероятную оценку.

В данной статье для оценки временных характеристик выполнения этапа сетевого плана предлагается методика, основанная на нечетких преобразованиях нечетких объемов привлеченных ресурсов. Достаточно

часто в качестве детерминированного преобразования объема ресурсов во время выполнения работ используют логистические кривые. В статье вводится обобщение логистического преобразования до нечеткого отношения. В результате процедура построения времени содержит этапы цилиндрического продолжения исходной функции принадлежности объемов привлеченных ресурсов, композицию нечетких отношений полученного цилиндрического расширения и нечеткого расширения логистического преобразования и проекции полученной композиции отношений на временную ось выполнения этапа.

В рамках проведенных исследований выполнен анализ различных видов функций принадлежности объема ресурсов, а для гауссовой функции принадлежности показано, что ее нечеткое логистическое преобразование

очень близко к бета-распределению, что соответствует практическим приложениям метода PERT.

Ключевые слова: капитальный ремонт, реконструкция, общественные здания, сетевое планирование, ин-

Abstract

The article discusses the issues of building a network plan for the implementation of capital repairs and reconstruction of public buildings on the basis of formalizing the times of the stages and the resources involved in the form of fuzzy numbers. In this case, all the characteristics of the network plan will also have fuzzy formalization. Quite often, in procedures for parameterizing temporal characteristics, including the PERT method, the beta distribution is used, which has an optimistic, pessimistic, and most probable distribution as expert estimates of its parameters. This article proposes a technique based on fuzzy transformations of fuzzy volumes of attracted resources to assess the time characteristics of the network plan stage implementation. Quite often, logistic curves are used as a deterministic transformation of the number of resources at runtime. The article introduces a generalization of the logistic transformation to a fuzzy relation. As a result, the procedure

тегральный потенциал, планирование, нечеткие множества, функция принадлежности.

for constructing time contains the stages of a cylindrical continuation of the original membership function of the volumes of attracted resources, a composition of fuzzy relations of the obtained cylindrical extension and a fuzzy extension of the logistic transformation and projection of the resulting composition of relations on the time axis of the stage execution. As part of the research, various types of membership functions of the volume of resources were analyzed, and for the Gaussian membership function it was shown that its fuzzy logistic transformation is very close to the beta distribution, which corresponds to practical applications of the PERT method.

Keywords: capital repairs, reconstruction, public buildings, organizational and technological solutions, integral potential, planning, fuzzy inference, term, rules, membership functions.

Введение

В общем случае после включения общественного здания в план капитального ремонта и реконструкции разрабатывается план выполнения работ [2–6]. Базовым подходом к разработке такого плана является сетевое планирование, когда все работы разбиваются на этапы, которые логически связаны между собой, то есть каждый этап не может начаться, пока не будет выполнен ряд предшествующих [7; 9]. Для расчета сетевого плана, в первую очередь, необходимо выполнить оценку времени выполнения каждого этапа.

Так, определение трудоемкости работ начинается с составления их номенклатуры [1], куда входят демонтажные, общестроительные, специальные и прочие работы, и подсчета их объемов. Детализация номенклатуры работ зависит от принятой в организации, и она должна соответствовать наименованию процессов и единицам их измерения, используемым в нормативных документах. Имеют место справочные документы, где приведена примерная номенклатура ремонтно-строительных работ (РСР) при реконструкции общественного здания. Трудовые затраты на выполнение объемов отдельных ремонтно-строительных работ и комплексных процессов, а также количественный состав исполнителей рассчитываются по нормам времени и расценкам или укрупненным нормативам и калькуляциям [8].

Все сопутствующие работы (например, конопатка оконных блоков), подъемно-транспортные и мелкие работы (например, устройство оконных сливов) включаются в раздел «Прочие и неучтенные работы», объем которых (человеко-дни) принимается

в размере 3–5 % от общей трудоемкости [12]. При этом рекомендуемый количественный состав для выполнения определенных видов работ отличается (соотношение минимального и максимального количества рабочих) в 1,5–2,5 раза. Кроме того, автор полагает, что дать точную оценку реализации демонстрационных работ, включая перекрытия, лестницы, фундаменты и другие элементы конструкций, практически невозможно.

Таким образом, проведенный анализ методов оценки времени выполнения показал, что наиболее адекватной моделью его формализации являются нечеткие множества, когда вместе с числовой оценкой времени экспертом указывается степень уверенности в этом значении.

Материалы и методы

В общем случае при расчете сетевого плана имеют место два вида его графического представления [4]. В первом случае работы представлены дугами, а вершины представляют собой события, которые определяют возможные моменты времени начала и окончания работ. Во втором случае работы представлены вершинами, а дуги просто определяют логическую связь между работами. Так, в рамках аналитических вычислений удобнее рассматривать модели процессов, где работы представляются дугами. Для построения имитационных моделей, в том числе формализации времени выполнения этапов, более удобным является представление работ вершинами (рисунок 1).

При этом время реализации этапа сетевого плана является функцией от привлеченных ресурсов. В общем случае, когда время реализации этапов пред-

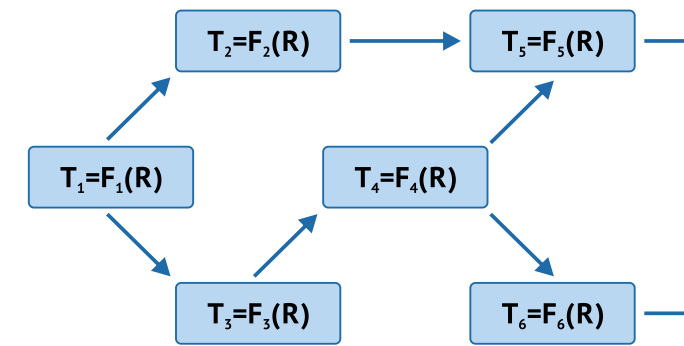


Рис. 1. Этапы модели сетевого плана
Fig. 1. Stages of the network plan model

ставляет собой нечеткие числа, можно использовать алгоритмы расчета на основе первоначального формирования правильной нумерации вершин.

В данной статье предлагается методика расчета времени выполнения этапов сетевого плана, когда оно зависит от объема привлеченных ресурсов (например, количества рабочих), но зависимость не носит детерминированный характер [11]. Поэтому более адекватной моделью ее описания является нечет-

кое отношение, когда для каждого количественного состава рабочей бригады оценивается функция принадлежности времени выполнения каждого этапа.

В общем случае оценка показателей работ на всех этапах является типовой проблемой сетевого планирования [7; 13; 14]. Для ее решения необходим предварительный анализ и последующая статистическая или экспертная оценка времени реализации этапа и ресурсов (финансы, кадры, техника и т. д.), привлеченных для исполнения этапа. Естественно, что увеличение количества рабочих будет снижать время выполнения этапа. Однако эта зависимость не будет ни линейно, ни обратно пропорциональной. Достаточно часто для описания зависимостей скорости выполнения работ или времени выполнения этапа используются S-образные зависимости. На практике также имеют место и кусочно-линейные зависимости

$$\text{вида } w(u) = \begin{cases} 0 & u < a \\ u & a \leq u \leq b \\ b & b < u \end{cases} \text{ с ограничениями либо}$$

аналогичные степенные.

Проведя анализ форм зависимостей, используемых для аппроксимации при описании зависимости времени выполнения работы от привлеченных ресурсов, предложено использовать логистические кривые, аналитическая форма представления которых определяется выражением:

$$T(R|\alpha, \theta) = \frac{\exp(\alpha(\theta - R))}{1 + \exp(\alpha(\theta - R))} \quad (1)$$

где α и θ являются параметрами кривой (рисунок 2).

Учитывая достаточно неоднозначный процесс задания функции производительности от привлеченных ресурсов, в статье предлагается нечеткая формализация времени выполнения этапа. Итак, для обычной зависимости некоторое значение аргумента x , которое определяет объем привлеченных

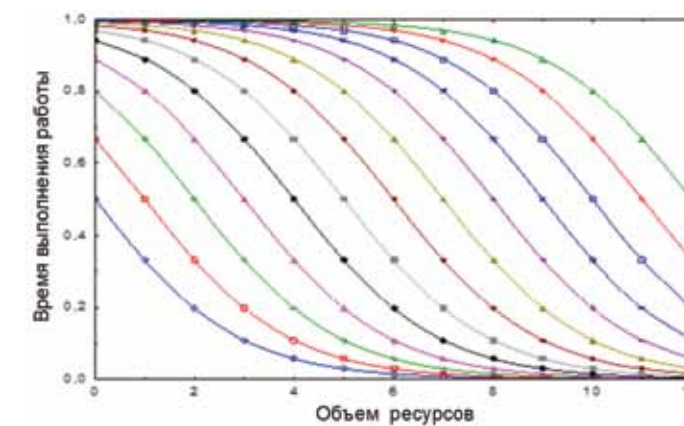


Рис. 2. Семейство логистических кривых времени выполнения этапа от объема ресурсов

Fig. 2. A family of logistic curves of the stage execution time versus the amount of resources

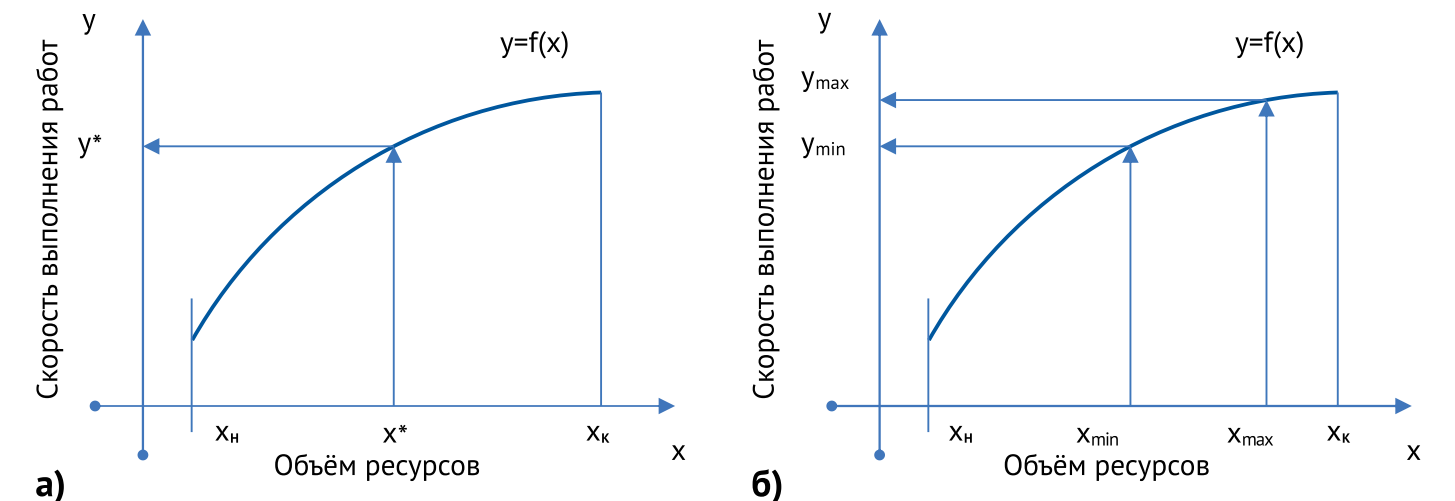


Рис. 3. Детерминированные и интервальные оценки времени выполнения этапа
Fig. 3. Deterministic and interval estimates of the stage execution time

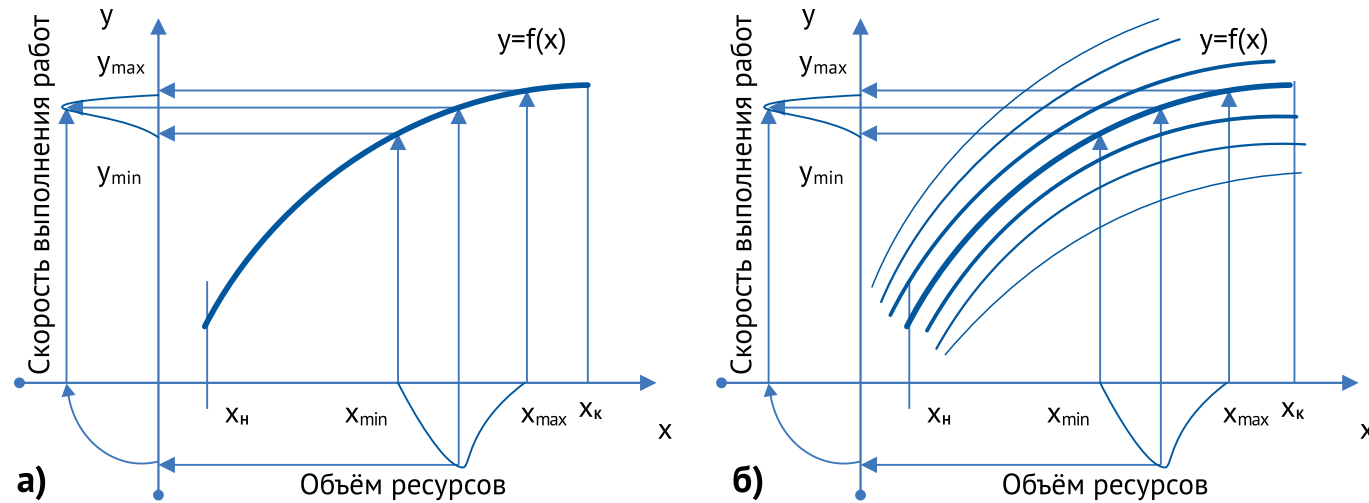


Рис. 4. Переход к нечеткому представлению функции производительности от объема ресурсов
Fig. 4. The transition to fuzzy representation of the performance function from the amount of resources

ресурсов, например, число рабочих в интервале $[x_n, x_k]$, задает единственное значение функции y , например, скорость выполнения работ этапа (рисунок 3а). Возможно расширение обычной зависимости до интервальной, когда эксперты указывают интервал $[x_{min}, x_{max}]$, в котором может находиться численность привлеченных рабочих. В этом случае относительно скорости реализации работ также можно указать лишь интервал $[y_{min}, y_{max}]$, в котором будет находиться скорость выполнения работ, то есть интервальной оценке аргумента соответствует интервальная оценка функции (рисунок 3б).

Естественно, что представление объема работ в виде нечеткой переменной с заданной функцией принадлежности будет более информативным (рисунок 4а), чем интервальное.

Это, например, следует из основного положения метода PERT (Program Evaluation and Review Technique) [16], когда помимо интервала принадлежности оценки указывается и наиболее вероятное, то есть мода бета-распределения. При этом самым общим будет случай (рисунок 4б), когда и аргумент, и сама зависимость будут нечеткими. То есть имеются нечеткий объем ресурсов (функция принадлежности снизу) и нечеткое отображение объема ресурсов в скорость выполнения работ (график, представленный линиями уровня). В результате расчета получается нечеткая скорость (функция принадлежности слева), которая и будет использоваться при моделировании и параметризации нечеткого сетевого плана [17; 18].

Для построения нечеткого отображения скорости выполнения работы, а также времени реализации этапа сетевого плана предлагается процедура, основанная на композиции нечетких отношений. Пусть $\mu_R(x)$ – функция принадлежности объема возможных привлеченных ресурсов, а $\mu_{RV}(x, y)$ – нечеткое отношение «ресурсы–скорость». Процедура построения результирующей скорости будет включать шаги:

1. Функция принадлежности $\mu_R(x)$ на оси OX вдоль оси OY носителя нечеткого множества рас-

ширяется на всю плоскость XOY , то есть получаем цилиндрическое продолжение множества значений объемов ресурсов:

$$\forall y \mu_{RR}(x, y) = \mu_R(x). \quad (2)$$

2. Применяется правило композиции нечетких отношений с функциями принадлежности $\mu_{RR}(x, y)$ и $\mu_{RV}(x, y)$, поскольку полученное цилиндрическое продолжение будет уже нечетким отношением:

$$\mu_{VV}(x, y) = \max_s (\min(\mu_{RR}(x, s), \mu_{RV}(s, y))), \quad (3)$$

где $\mu_{VV}(x, y)$ – функция принадлежности цилиндрического продолжения скорости выполнения этапа.

3. Проецируется нечеткое отношение $\mu_{VV}(x, y)$ на ось OY , то есть:

$$\mu_V(y) = \max_x \mu_{VV}(x, y), \quad (4)$$

в результате чего получаем нечеткое значение скорости выполнения работ V с функцией принадлежности $\mu_V(y)$.

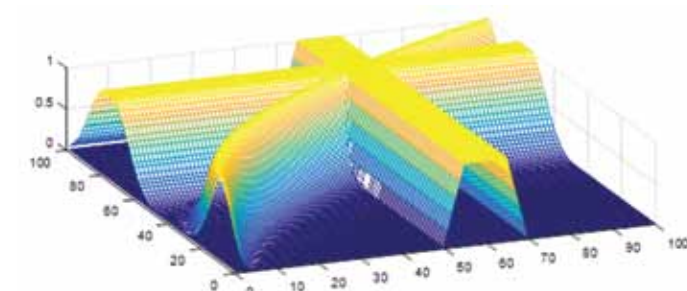


Рис. 5. Объемная интерпретация процедуры нечеткого преобразования ресурсов во время реализации этапа
Fig. 5. Volumetric interpretation of the procedure for fuzzy transformation of resources during the implementation of the stage

Объемная интерпретация процедуры нечеткого преобразования ресурсов в скорость реализации этапа приведена на рисунке 5.

Результаты

Проиллюстрируем данную процедуру для дискретного универсального множества носителя $\{1, 2, 3, 4\}$ нечетких ресурсов и нечеткого отношения «ресурс–скорость». То есть объем привлеченных ресурсов может иметь всего четыре варианта и представляет нечеткое число:

$$R = ((1.0 | 0.5); (2.0 | 1.0); (3.0 | 0.7); (4.0 | 0.1)).$$

Пусть универсальная шкала скорости выполнения работ также имеет четыре значения, а нечеткое преобразование объема ресурсов в скорость задается матрицей:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,2 & 0,1 \\ 0,7 & 1 & 0,9 & 0,3 \\ 0,4 & 0,6 & 1 & 0,7 \\ 0,3 & 0,5 & 0,7 & 1 \end{bmatrix}.$$

Тогда в результате выполнения вышеприведенной процедуры нечеткого преобразования получим следующее значение скорости реализации этапа:

$$R = \begin{bmatrix} 0,5 \\ 1 \\ 0,7 \\ 0,1 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,2 & 0,1 \\ 0,7 & 1 & 0,9 & 0,3 \\ 0,4 & 0,6 & 1 & 0,7 \\ 0,3 & 0,5 & 0,7 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7 \\ 1 \\ 0,7 \\ 0,7 \end{bmatrix}^T.$$

Таким образом, получили результирующую нечеткую скорость, равную:

$$R = ((1.0 | 0.7); (2.0 | 1.0); (3.0 | 0.7); (4.0 | 0.7)).$$

Предложенная процедура может быть реализована для произвольных функций принадлежности нечетких ресурсов и нечетких отношений.

Проведенный анализ ряда работ, связанных с реконструкцией общественных зданий [10; 15] показал, что объем привлекаемых ресурсов достаточно адекватно может быть описан гауссовой функцией при-

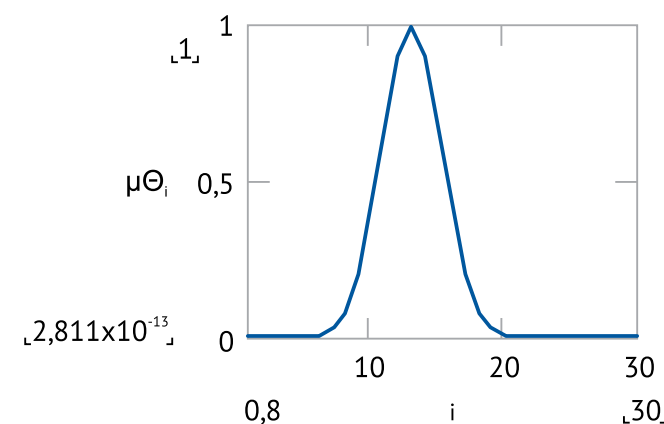


Рис. 6. Функция принадлежности объема привлеченных ресурсов
Fig. 6. Membership function of the volume of attracted resources

надлежности $\mu_n(x) = \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{\sigma^2}\right)$, для которой определяется среднее положение c и размах σ (рисунок 6).

В качестве функции принадлежности скорости или производительности можно использовать функцию, подобную логистической $V(x|a, b) = 1/[1 + \exp(-a(R-b))]$, которая и определяет преобразование объема привлеченных ресурсов в скорость выполнения этапов.

При построении функции принадлежности скорости для каждого ее значения необходимо определить уровень значимости, который представляет собой композицию функций. Так, для заданной скорости работ V требуемый объем ресурсов будет определяться как $R = b + (1/a) \ln(V/1 - V)$. Затем для каждого значения a -уровня функции принадлежности объема ресурсов вычислим величину скорости и поставим в соответствие этому значению ту же самую величину a -уровня, что и выделенного объема ресурсов:

$$\mu_\Theta(x) = \exp\left(-\left(b + \frac{1}{a} \ln \frac{V}{1-V} - c\right)^2 / \sigma^2\right). \quad (5)$$

Функция принадлежности скорости выполнения работ, так же как и объем работ, будет унимодальной (рисунок 7).

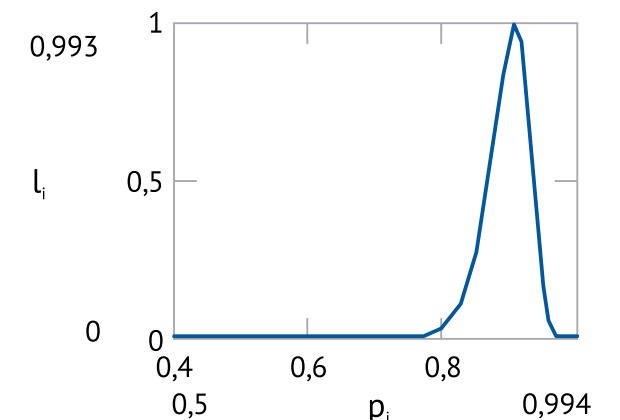


Рис. 7. Функция принадлежности интенсивности работ
Fig. 7. Work time membership function

Проведенный в работе анализ этих зависимостей и соответствующих графиков для различных параметров объема и логистического преобразования показал близость к бета-распределению.

Поставим задачу поиска оценок параметров бета-распределения для наилучшего приближения полученной функции принадлежности. Данная функция и будет представлять скорость выполнения работ для нечетко заданного объема выделенных ресурсов:

$$\mu_P(x|\beta, \Theta) = S \cdot x^{\beta-1} (1-x)^{\beta-1}, \quad (6)$$

где S представляет нормировочную константу для формирования функции принадлежности с мак-

симальным значением I для скорости работ. Далее определим максимум функции принадлежности для логистической кривой $V(x|a, b)=I/[1+\exp(-a(R-b))]$. Поиск значений v_1 и v_2 приводит к необходимости решения системы уравнений через моду P и неопределенность D интенсивности выполнения работ:

$$P = \frac{v_1 - 1}{v_1 + v_2 - 2} \text{ и } D = \frac{v_1 \cdot v_2}{(v_1 + v_2)^2 (v_1 + v_2 + 1)}. \quad (7)$$

Решением системы уравнений будут значения $v_2 = v_1 \frac{1-P}{P} + \frac{1}{P} - 2$ и $v_1 = v_1(D, P)$, а величина S будет определяться как $S = \frac{(v_1 + v_2 - 1)^{v_1 + v_2 - 1}}{(v_1 - 1)^{v_1 - 1} (v_2 - 1)^{v_2 - 1}}$. Таким образом, полученная аппроксимация функции принадлежности будет определяться как $\mu P(x) = S \cdot x^{a_1 - 1} (1 - x)^{a_2 - 1}$.

Обсуждение

На основании проведенного анализа (рисунок 8) показано, что для широкого спектра параметров функции принадлежности объема привлеченных ресурсов, а также параметризации логистической

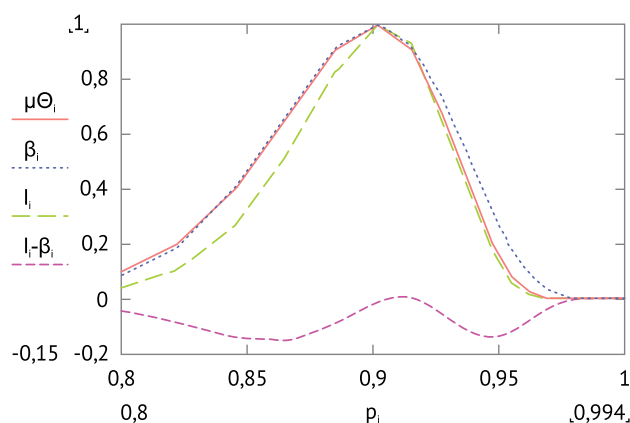


Рис. 8. Оценка точности приближения функций принадлежности
Fig. 8. Estimation of the accuracy of the approximation of membership functions

кривой среднеинтегральная ошибка была в пределах 2 %. Полученный результат позволяет ввести еще одну аппроксимацию скорости реализации этапа в виде следующей функции принадлежности: $\mu_r(x|a, b, p, q) = S(t-a)^{p-1}(b-t)^{q-1}$. Данная функция определена на отрезке $[a, b]$ и может быть неким расширением равномерного распределения.

Таким образом, задаваясь нечетким объемом привлеченных ресурсов с гауссовой функцией принадлежности, получаем, что логистическое преобразование объема определяет нечеткую скорость выполнения работ с функцией принадлежности, подобной бета-распределению, которое также используется и в методе PERT для стохастической формализации представления сетевого плана выполнения работ по капитальному ремонту и реконструкции.

Заключение

Показана целесообразность параметризации этапов сетевого графика проведения работ нечеткими числами. Представление объема привлеченных ресурсов также представляется нечеткими значениями. Показано, что достаточно адекватной моделью преобразования объема ресурсов в скорость выполнения работ являются логистические кривые. В статье предложена методика расширения логистического преобразования в нечеткое отношение нечетких значений объема ресурсов и скорости выполнения этапа сетевого плана. Предложенная методика позволяет варьировать различные классы функций принадлежности, причем как для непрерывных, так и для дискретных носителей нечетких множеств и нечетких отношений. Для гауссовой функции принадлежности объемов привлеченных ресурсов и ее логистического преобразования показано, что значение скорости выполнения работ представляет собой нечеткую величину с функцией принадлежности в форме бета-распределения, что согласуется с основными положениями метода PERT сетевого планирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова В. Ф. Технология и организация реконструкции зданий : учеб. пособие / В. Ф. Александрова, Ю. И. Пастухов, Т. А. Расина. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2011. – 208 с.
2. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве / Х. Ахьюджа. – Москва : Мир, 1979. – 641 с.
3. Дикман Л. Г. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. – Москва : АСВ, 2006. – 608 с.
4. Емельянов Д. И. Решение задачи планирования сложных производственных процессов на предприятии на основе методов сетевого планирования / Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, Е. А. Чеснокова // Известия высших учебных заведений. Серия: Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 5 (371). – С. 28–32.
5. Король Е. А. Решение задач организационно-тех-

- нологического моделирования строительных процессов / Е. А. Король, С. В. Комиссаров, П. Б. Коган, С. Г. Арутюнов // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 3. – С. 43–45.
6. Мищенко В. Я. Методы решения задач календарного планирования на основе композиционных матрично-сетевых моделей / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов // Известия высших учебных заведений. Серия: Строительство. – 2002. – № 5 (521). – С. 58–63.
7. Мищенко В. Я. Оптимизация календарного плана строительного производства на основе пространственно-технологических связей / В. Я. Мищенко, М. А. Преображенский, М. Г. Добросотских // Безопасность критических инфраструктур и территорий. Проблемы безопасности строительных критических инфраструктур / Сборник статей VIII Всероссийской научно-технической конференции SAFETY-2018, 4–5 октября, Екатеринбург. – Екатеринбург, 2018. –

С. 164–172.

8. Олейник П. П. Организация строительного производства / П. П. Олейник. – Москва : АСВ, 2010. – 572 с.
9. Москвина Ю. Н. Автоматизация календарного планирования строительства жилых комплексов / Ю. Н. Москвина, А. Н. Жвакин // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – Новосибирск : Центр развития научного сотрудничества, 2014. – № 6. – С. 126–130.
10. Понявина Н. А. Внедрение BIM-технологий как основной путь совершенствования строительной отрасли / Н. А. Понявина, М. Е. Попова, К. А. Андреева, А. В. Мищенко // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 3 (7). – С. 115–119.
11. Понявина Н. А. Методика рационального распределения исполнителей при выполнении комплекса работ по воспроизводству объектов недвижимости с учетом изменения уровня трудовых потенциалов бригад / Н. А. Понявина, Д. И. Емельянов, Е. А. Чеснокова. – DOI <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67> // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 3 (72). – С. 59–67. – URL: <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67>.
12. Худоиев Ф. М. Применение технологии календарного планирования в строительстве и особенности разработки графика строительства отдельного объекта / Ф. М. Худоиев, А. В. Дзюба // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров

REFERENCES

1. Alexandrova V. F. Tekhnologiya i organizatsiya rekonstruktsii zdaniy : ucheb. posobie [Technology and organization of reconstruction of buildings : textbook] / V. F. Alexandrova, Yu. I. Pastukhov, T. A. Rasina. – St. Petersburg : SPbGASU, 2011. – 208 p.
2. Akhyudza Kh. Setevye metody upravleniya v proektirovanii i proizvodstve [Network management methods in design and production] / Kh. Akhyudza. – Moscow : Mir, 1979. – 641 p.
3. Dikman L. G. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva : uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov [Organization of construction production : textbook for construction universities] / L. G. Dikman. – Moscow : DIA, 2006. – 608 p.
4. Emelyanov D. I. Reshenie zadachi planirovaniya slozhnykh proizvodstvennykh protsessov na predpriatii na osnove metodov setevogo planirovaniya [Solving the problem of planning complex production processes at an enterprise based on network planning methods] / D. I. Emelyanov, N. A. Ponyavina, E. A. Chesnokova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti [News of higher educational institutions. Series: Textile Industry Technology]. – 2017. – № 5 (371). – P. 28–32.
5. Korol' E. A. Reshenie zadach organizatsionno-tekhnologicheskogo modelirovaniya stroitel'nykh protsessov [The Solution of problems of organizational and technological simulation of construction processes] / E. A. Korol', S. V. Komissarov, P. B., Kogan, S. G. Arutyunov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2011. – № 3. – P. 43–45.
6. Mishchenko V. Ya. Metody resheniy zadach kalendarogo planirovaniya na osnove kompozitsionnykh matrichno-setevykh modelej [Methods of solving calendar

planning problems based on composite matrix-network models] / V. Ya. Mishchenko, D. I. Emelyanov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Stroitel'stvo [Izvestiya vysshikh uchebnykh uchebnykh zavedenij. Series: Construction]. – 2002. – № 5 (521). – P. 58–63.

7. Mishchenko V. Ya. Optimizatsiya kalendarogo plana stroitel'nogo proizvodstva na osnove prostranstvenno-tekhnologicheskikh svyazey [Optimization of the construction production schedule based on spatial and technological connections] / V. Ya. Mishchenko, M. A. Preobrazhensky, M. G. Dobrosotских // Bezopasnost' kritichnykh infrastruktur i territorij. Problemy bezopasnosti stroitel'nykh kritichnykh infrastruktur [Safety of critical infrastructures and territories. Problems of safety of construction critical infrastructures] / Sbornik statej VIII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Collection of articles of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference SAFETY-2018, October 4-5, Yekaterinburg]. – Yekaterinburg, 2018. – P. 164–172.
8. Oleinik P. P. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organization of construction production] / P. P. Oleinik. – Moscow : ASV, 2010. – 572 p.
9. Moskvina Yu. N. Avtomatizatsiya kalendarogo planirovaniya stroitel'stva zhilykh kompleksov [Automation of calendar planning of construction of residential complexes] / Yu. N. Moskvina, A. N. Zhvakin // Infrastrukturnye otrasli ekonomiki: problemy i perspektivy razvitiya [Infrastructural branches of economy: problems and prospects of development]. – Novosibirsk : Tsentr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva [Center for the Development of Scientific Cooperation], 2014. – № 6. – P. 126–130.
10. Ponyavina N. A. [Introduction of BIM technologies as the main way to improve the construction industry] /

- N. A. Ponyavina, M. E. Popova, K. A. Andreeva, A. V. Mishchenko // [Construction and real estate]. – 2020. – № 3 (7). – P. 115–119.
11. Ponyavina N. A. Metodika ratsional'nogo raspredeleniya ispolnitelej pri vypolnenii kompleksa rabot po vosproizvodstvu ob'ektov nedvizhimosti s uchetom izmeneniya urovnya trudovykh potentsialov brigad [Methodology of rational distribution of performers when performing a complex of works on reproduction of real estate objects taking into account changes in the level of labor potentials of teams] / N. A. Ponyavina, D. I. Emelyanov, E. A. Chesnokova. – DOI <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67> // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta [Proceedings of the Southwestern State University]. – 2017. – № 3 (72). – P. 59–67.
 12. Khudoiev F. M. Primenenie tekhnologii kalendarnogo planirovaniya v stroitel'stve i osobennosti razrabotki grafika stroitel'stva ot del'nogo ob'ekta [Application of calendar planning technology in construction and features of the development of a schedule for the construction of a separate object] / F. M. Khudoiev, A. V. Dzyuba // Regional'nye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitel'stva, zemleustrojstva i kadastr v nachale III tysyacheletiya [Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastre at the beginning of the III millennium]. – Komsomolsk-on-Amur : KNAU, 2018. – P. 360–363.
 13. Battersby A. Network Analysis for Planning and Scheduling / A. Battersby. – London : Wiliam Clowes and Sons, 1970. – 352 p.
 14. Klokov I. A. Dependence of money and time in construction / I. A. Klokov, A. A. Stukalin, I. A. Polushkina, K. A. Andreeva // Innovatsionnye metody proektirovaniya stroitel'nykh konstruktivnykh zdaniy i sooruzhenij [Innovative methods of designing building structures of buildings and structures] / Sbornik nauchnykh trudov 2-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kursk, 20 noyabrya 2020 g. [Collection of scientific papers of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, November 20, 2020]. – Kursk : Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet [Southwest State University], 2020. – P. 8–10.
 15. Kreiner K. Organizational Behavior in Construction / K. Kreiner // Construction Management and Economics. – 2013. – Vol. 31, № 11. – P. 1165–1169 (5).
 16. Herrerias-Velasco J. M. Revisiting the PERT mean and variance / J. M. Herrerias-Velasco, R. Herrerias-Pleguezuelo, J. Rene van Dorp. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.014> // European Journal of Operational Research. – 2011. – Vol. 210, Issue 2. – P. 448–451.
 17. Reda R. M. RPM: Repetitive project modeling / R. M. Reda // Journal of Construction Engineering and Management. – 1990. – № 116 (2). – P. 316–330.
 18. Skibniewski M. J. Mobile and Pervasive Computing in Construction / M. J. Skibniewski // Construction Management and Economics. – 2014. – Vol. 32. – P. 1148–1150.

НОВОСТЬ

В правилах проектирования конструкций из монолитного железобетона учли новейшие научные исследования

Минстрой России актуализирует Своды правил 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования» (СП 430) с учетом проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Положения СП 430 распространяются на проектирование конструктивных систем жилых и общественных зданий и сооружений гражданского назначения, в которых основные несущие элементы выполняются из монолитного железобетона.

Актуализация СП 430 по итогам проведенных научно-исследовательских работ, касающихся, в частности, исследования вопросов расчетов железобетонных колонн, а также вопросов построения расчетных моделей зданий из монолитного железобетона, позволит повысить безопасность пребывания граждан в зданиях в процессе их строительства и эксплуатации. Кроме того, новая методика определения расчетных длин обеспечит в ряде случаев снижение материалоемкости армирования.

При подготовке изменений к своду правил учтены следующие НИР и НИОКР: «Исследование методов построения расчетных моделей зданий и сооружений из монолитного железобетона с использованием

метода конечных элементов», «Исследование работы балочных перекрытий при комбинированном действии крутящих, изгибающих моментов и поперечных сил», «Разработка принципиально новой расчетной модели разрушения балок произвольного сечения по наклонной трещине и совершенствование инженерной методики расчета прочности наклонных сечений», «Исследование влияния условий закрепления опор типа «заделка-заделка» на нормируемые параметры расчетной длины железобетонных колонн с поперечными сечениями квадратной и прямоугольной формы при выполнении расчетов по прочности их нормальных сечений». Работы проведены профильными научными организациями в период с 2019 по 2020 годы.

В обновленный документ также включены дополнения по расчету монолитных железобетонных конструкций в части указаний по построению расчетных моделей зданий и сооружений с использованием метода конечных элементов, широко применяемого в последнее время. Это позволит снять ряд вопросов проектировщиков и использовать современные инструменты программных комплексов.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69.05

DOI 10.54950/26585340_2021_3_5

Решение задач планирования строительно-монтажных работ в организационно-технологическом проектировании с учетом энергоэффективности

Solving the Problems of Planning Construction and Installation Works in Organizational and Technological Design, Taking into Account Energy Efficiency

Емельянов Дмитрий Игоревич

Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, diem@vgasu.vrn.ru

Emelyanov Dmitrij Igorevich

Candidate of Technical Sciences, docent of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, Voronezh State Technical University, Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, diem@vgasu.vrn.ru

Понявина Наталия Александровна

Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, ponyavochka@vgasu.vrn.ru

Ponyavina Nataliya Aleksandrovna

Candidate of Technical Sciences, docent of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, Voronezh State Technical University, Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, ponyavochka@vgasu.vrn.ru

Клоков Игорь Александрович

Магистрант профиля «Здания энергоэффективного жизненного цикла» направления «Строительство», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, igor-klokovv@mail.ru

Klokov Igor' Aleksandrovich

Master student of the profile «Buildings of an energy efficient life cycle», direction «Construction», Voronezh State Technical University, Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, igor-klokovv@mail.ru

Андреева Кристина Алексеевна

Магистрант профиля «Технологии искусственного интеллекта» направления «Прикладная информатика», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, kandreeva@cchgeu.ru

Andreeva Kristina Alekseevna

Master's student of the profile «Technologies of Artificial Intelligence», direction «Applied Informatics», Voronezh State Technical University, Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, kandreeva@cchgeu.ru

Аннотация

В данной статье рассмотрен подход к решению задачи приведения строительной отрасли в соответствие с требованиями энергоэффективности. Применение энергоэффективных технологий при производстве строительных материалов, изделий и конструкций, использование современных машин и оборудования полностью не решают задачу повышения энергоэффективности строительной отрасли. Авторы предлагают рассмотреть в качестве одной из составляющих энергоэффективности строительного производства календарное планирование строительно-монтажных работ. Для решения данной задачи предлагается снизить энергозатраты путем оптимизации календарного плана производства работ с учетом критерия энергоэффективности. В работе приведены описание методики определения сочетаний строительно-монтажных работ, совместное выполнение которых может снизить энергозатраты при производ-

стве, а также описание алгоритма определения общего коэффициента энергоэффективности календарного плана, с использованием которого возможна оптимизация получаемого графика производства работ по критерию энергоэффективности на основе поиска экстремума целевой функции календарного плана. Использование предлагаемых методики и алгоритма в календарном планировании строительного производства позволит еще на стадии организационно-технологического проектирования учесть требования по снижению энергетических затрат на производство строительно-монтажных работ за счет рационального распределения работ и ресурсов во времени.

Ключевые слова: энергоэффективность, ресурсы, BIM-технологии, зеленые технологии, энергозатраты, календарное планирование.

Abstract

This article discusses an approach to solving the problem of bringing the construction industry in line with energy efficiency requirements. The use of energy efficient technologies in the production of building materials, products and structures, the use of modern machinery and equipment does not completely solve the problem of increasing the energy efficiency of the construction industry. The authors propose to consider the scheduling of construction and installation works as one of the components of the energy efficiency of construction production. To solve this problem, it is proposed to reduce energy costs by optimizing the work schedule, taking into account the criterion of energy efficiency. The paper describes the methodology for determining combinations of construction and installation work, the joint implementation

of which can reduce energy consumption during production, as well as an algorithm for determining the overall energy efficiency coefficient of the schedule, with the use of which it is possible to optimize the resulting work schedule by the criterion of energy efficiency, based on the search for the extremum of the objective function calendar plan. The use of the proposed methodology and algorithm in the scheduling of construction production will allow, even at the stage of organizational and technological design, to take into account the requirements for reducing energy costs for construction and installation work, due to the rational distribution of work and resources in time.

Keywords: energy efficiency, resources, BIM technologies, green technologies, energy consumption, scheduling.

На современном этапе развития мировой экономики для любого государства остро стоит вопрос повышения энергоэффективности всех отраслей промышленности. Особенную актуальность эта задача приобрела на фоне энергетического кризиса в странах Европы в этом году. Тот факт, что Россия является крупнейшим поставщиком энергоресурсов, не освобождает нас от необходимости уделять внимание энергоэффективности производства, чтобы не снижать конкурентоспособность нашей экономики и не отставать от других стран в развитии зеленых технологий и энергетики.

Как показала практика последних лет, даже в период экономического кризиса строительная отрасль является одним из локомотивов экономики нашей страны. Подтверждением этому может послужить диаграмма введенного в эксплуатацию жилья, которая представлена на рисунке 1. По данным Минстроя России, с 2010 года в стране наблюдается положительная динамика по объему ввода жилья в эксплуатацию [1].

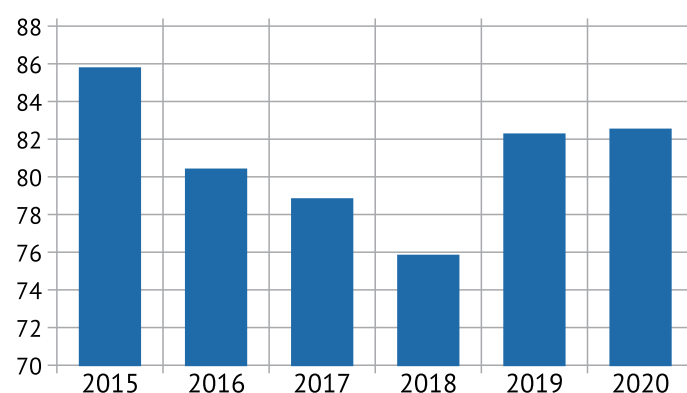


Рис. 1. Объем введенного в эксплуатацию жилого фонда, млн кв. м

Fig. 1. The volume of commissioned housing, million sq. m

В 2015 году показатель объема жилья, сданного в эксплуатацию, достиг наибольшего числа, с 2016 года по 2018 годы наблюдался спад, а с 2019 года вновь наблюдается увеличение вводимой жилой площади.

Помимо жилого фонда [2], результатами деятельности предприятий и организаций строительной от-

расли являются крупные инфраструктурные и промышленные объекты. Способность строительной отрасли обеспечивать развитие экономики даже в неблагоприятный для нее период обуславливается ее ключевыми особенностями – большой ресурс- и энергоемкостью и созданием большого количества рабочих мест как непосредственно в самой строительной отрасли, так и в обеспечивающих отраслях. В этой связи к строительной отрасли обоснованно предъявляются требования по энергоэффективности производства [3–7].

Большое количество исследований посвящено разработке новых строительных материалов и технологий, которые способны как снизить потребление энергетических ресурсов на этапе строительства, так и обеспечить энергоэффективность сданных объектов на стадии эксплуатации [8–10]. Во многом эти задачи решаются еще на стадии проектирования, чему способствует все больше и больше применяемые ТИМ- (BIM) технологии [11–15]. Но на сегодняшний день практически отсутствуют исследования по повышению энергоэффективности самого процесса строительства – за счет рациональной организации работ [16–19]. На наш взгляд, календарное планирование строительного производства необходимо осуществлять в соответствии с требованиями энергоэффективности, рассматривая разработку календарного плана не только как оптимизационную задачу эффективного использования материальных и трудовых, но и энергетических ресурсов.

В связи с этим разработка методики календарного планирования, позволяющей учитывать требования по снижению энергозатрат и максимально эффективному использованию имеющихся энергетических ресурсов при производстве строительно-монтажных работ, является актуальной задачей.

Рассмотрим подробнее способ минимизации энергозатрат при строительстве за счет графика производства работ, построенного с учетом требований энергоэффективности. Для работы W введем показатель энергозатрат (ε), который определяется отношением:

$$\varepsilon = E/V, \quad (1)$$

где E – суммарные энергозатраты на выполнение работы;

V – общий объем работы, выраженный через трудоемкость в человеко-часах.

Далее рассмотрим две работы W_1 и W_2 , пусть для них E_1, E_2 и V_1, V_2 – суммарные энергозатраты и объемы соответственно. Предположим, что в строительном процессе части объемов этих работ ($V_{p1} \leq V_1$ и $V_{p2} \leq V_2$ соответственно) выполняются совместно на интервале времени $[t_0, t_1]$.

В предположении, что $\frac{DV_i}{dt} = const$ и $\frac{DE_i}{DV_i} = const$ ($i = 1, 2$) в течение всего выполнения i -й работы (в большинстве случаев это не является очень сильно идеализирующим допущением), можно определить

энергозатраты E_{pi} на выполнение объема работы V_{pi} в «изолированном» случае как

$$E_{pi} = E_i \frac{V_{pi}}{V_i}. \quad (2)$$

Для выполняемых параллельно объемов V_{p1} и V_{p2} работ W_1 и W_2 определим коэффициент энергоэффективности ($\zeta_{1,2}$) их совместного выполнения:

$$\zeta_{1,2} = 1 - \frac{(E_{pc1} + E_{pc2})}{(E_{p1} + E_{p2})}, \quad (3)$$

где E_{pc1} и E_{pc2} – фактические энергозатраты при выполнении объемов V_{p1} и V_{p2} соответственно при их совместном выполнении.

Из этого выражения видно, что совместное выполнение работ W_1 и W_2 не приносит выигрыша в энергопотреблении: $\zeta_{1,2} = 0$. В то же время максимальное значение $\zeta_{1,2}$ не может достигнуть 1, так как это означало бы, что при совместном выполнении работ энергопотребление отсутствует, что противоречит закону сохранения энергии.

Выражение $\Delta E = \zeta_{1,2}(E_{p1} + E_{p2})$ определяет абсолютную величину экономии энергии в случае совместного выполнения. Также из определения очевидно, что $\zeta_{1,2} = \zeta_{2,1}$.

Для дальнейших рассуждений напомним, что график движения ресурсов календарного плана может быть разбит на элементарные временные участки, на каждом из которых множество выполняемых работ остается постоянным. Выше был рассмотрен случай, когда две одновременно выполняемых работы могут показывать снижение энергоемкости. Предположим, что на данном элементарном интервале одновременно выполняется n работ: $W_1 \dots W_n$. Из этих N работ можно составить $P = N(N-1)/2$ пар, для каждой из которых можно определить свой коэффициент энергоэффективности ζ . Если для всех этих P пар работ соответствующие коэффициенты ζ равны 0, кроме одного (положим, для q -й и r -й работ $1 \leq q, r \leq n$, $q \neq r$), показатель энергоэффективности:

$$\zeta_{1..N} = \frac{(1 - \zeta_{qr})(E_{pq} + E_{pr}) + \sum_{i=1, i \neq q, i \neq r}^N E_{pi}}{\sum_{i=1}^N E_{pi}}. \quad (4)$$

Более сложный случай возникает, если среди данных P пар отличны от 0 несколько коэффициентов ζ . Пусть число таких пар k , $0 < k \leq P$, в каждой паре через q и r ($1 \leq q, r \leq N$, $q < r$) обозначим индексы образующих эту пару работ (W_q и W_r соответственно). Идентификацию i -й такой пары будем осуществлять через дополнительный нижний индекс: q_i и r_i – это индексы первой и второй работы i -й пары работ (W_{q_i} и W_{r_i}), $1 \leq i \leq k$. Рассмотрим случай, когда в этих парах каждая из работ имеет не более одной работы, совместное выполнение с которой приводит к снижению энергопотребления. В этом случае коэффициент

энергоэффективности для рассматриваемого множества из N работ определится следующей формулой:

$$\zeta_{1..N} = \frac{\sum_{i=1}^k (1 - \zeta_{qri}) (E_{pqi} + E_{pri}) + \sum_{i=1, i \neq q_{1..k}, i \neq r_{1..k}}^N E_{pi}}{\sum_{i=1}^N E_{pi}}. \quad (5)$$

Обратимся теперь к случаю, когда в рассматриваемом множестве из k пар работ с отличными от 0 коэффициентами энергоэффективности ($\zeta_{qri} > 0$) некоторые индексы работ (q, r) встречаются в разных парах, что означает, что для работы, соответствующей такому индексу, существует несколько других работ, совместное выполнение с которыми приводит к уменьшению энергопотребления. Для точного учета совместного выполнения нескольких таких работ необходимо переходить от парных коэффициентов энергоэффективности, рассмотренных выше, к коэффициентам, описывающим уменьшение энергопотребления при совместном выполнении трех, четырех, пяти и т. д. работ. Это влечет за собой сложности, связанные с расчетом или экспериментальным определением таких коэффициентов, так как их число быстро возрастает с увеличением количества рассматриваемых одновременно работ, а определение каждого становится все более трудоемким. Вместе с тем на практике вероятность того, что данная работа имеет m энергосовместимых работ, быстро падает с увеличением m . Исходя из этого, определение общего коэффициента энергоэффективности в этом случае производится по следующему алгоритму.

1. Данное множество k пар энергосовместимых работ разбивается на подмножества, содержащие непересекающиеся множества индексов работ.

2. В каждом из этих подмножеств выбирается пара, обеспечивающая максимальную энергоэффективность, коэффициенты остальных пар зануляются.

3. Для расчета действующего коэффициента энергоэффективности применяется формула (5).

Исходя из вышесказанного, для учета в календарном планировании фактора энергосбережения мож-

но ввести показатель суммарного объема мнимых работ (Λ), входящего в определение целевой функции [20]:

$$\Lambda = \int_0^{t_{\max}} |n_b - n(t)| dt, \quad (6)$$

где Λ – объем мнимых работ, т. е. разность планируемых и фактических объемов работ;

$t_{\max}$ – общее время выполнения строительного процесса;

n_b – численность бригады;

$n(t)$ – функция числа ресурсов в момент времени t .

Дополним (6) сомножителем, учитывающим энергоэффективность от совместного выполнения работ:

$$\Lambda = \int_0^{t_{\max}} |n_b - n(t)| dt, \quad (7)$$

где показатель степени k определяет степень учета влияния энергоэффективности на целевую функцию.

Таким образом, при составлении календарного плана будет учитываться фактор энергосбережения с учетом совместного выполнения работ. То есть чем больше работ будут попадать в зону совместного выполнения, тем эффективнее будет составлен календарный график [4; 19].

Заключение

Подводя итоги, хочется еще раз отметить тот факт, что строительство является одной из ведущих отраслей нашей страны, и ее соответствие современным мировым требованиям отражает состояние всей экономики. Одним из возможных путей повышения энергоэффективности строительной отрасли мы видим в разработке методик и алгоритмов, позволяющих производить проектирование календарных планов строительства с условием снижения энергозатрат. В данной статье мы рассмотрели одно из возможных направлений путей решения этой задачи и описали общий подход к оптимизации календарного плана по эффективности использования ресурсов и энергозатратам.

вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий / А. С. Горшков // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1. – С. 9–3.

5. Лучкина В. В. Оптимизация проекта энергоэффективного строительства анализ рынка энергоэффективных технологий при проектировании зданий / В. В. Лучкина // Системные технологии. – 2018. – № 3 (28). – С. 5–13.

6. Borodinecs A. Energy-efficient construction in the climatic conditions of Latvia / A. Borodinecs, J. Zemitis, A. Geikins, I. V. Bykova, A. V. Nefedova, S. V. Kupavykh // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2018. – № 3 (66). – P. 41–48.

7. Пасканый С. В. Отечественный и международный опыт проектирования энергоэффективных зданий / С. В. Пасканый // E-Scio. – 2021. – № 4 (55). – С. 146–154.

8. Горовая Н. А. К вопросу улучшения уровня теплозащиты крупнопанельных зданий (на примере Донбасского региона) / Н. А. Горовая, Е. Е. Будзило, В. Ю. Жураковский, А. В. Скрипник // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2019. – № 6–1. – С. 286–293.

9. Котляревский А. А. Энергоэффективные теплоизоляционные строительные материалы / А. А. Котляревский // Поиск (Волгоград). – 2016. – № 2 (4). – С. 65–67.

10. Абрамян С. Г. Теплоизоляционные материалы, обеспечивающие энергоэффективность фасадных систем / С. Г. Абрамян, Н. А. Михайлова, А. А. Котляревский, В. О. Семочкин // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4 (51). – С. 221.

11. Понявина Н. А. Применение IT-технологий для автоматизации и создания информационного обеспечения работы эксперта-строителя / Н. А. Понявина, А. Ю. Ширимов, М. Е. Попова // Строительство и недвижимость. – 2020. – Т. 1, № 1 (5). – С. 141–147.

12. Понявина Н. А. Актуальность изучения BIM-технологий при получении высшего строительного образования в России / Н. А. Понявина, М. Е. Попова // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 2 (6). – С. 190–194.

13. Azhar S. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry / S. Azhar // Leadership and management in engineering. – 2011. – Т. 11, № 3. – С. 241–252.

14. Косовцева И. А. Автоматизация строительных процессов путем внедрения BIM-технологий / И. А. Косовцева, И. А. Клоков // Строительство и недвижи-

мость. – 2021. – № 1 (8). – С. 186–191.

15. Гаряева В. В. Обеспечение устойчивого проектирования и энергоэффективного строительства на базе BIM-моделирования / В. В. Гаряева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 3. – С. 17–20.

16. Дикман Л. Г. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2006. – 608 с.

17. Емельянов Д. И. Применение матричных моделей и комплексного критерия оптимизации в календарном планировании строительного производства / Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, И. А. Клоков, К. А. Андреева // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 51–57.

18. Москвина Ю. Н. Автоматизация календарного планирования строительства жилых комплексов / Ю. Н. Москвина, А. Н. Жвакин // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – 2014. – № 6. – С. 126–130.

19. Худоиев Ф. М. Применение технологии календарного планирования в строительстве и особенности разработки графика строительства отдельного объекта / Ф. М. Худоиев, А. В. Дзюба // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. – 2018. – С. 360–363.

20. Емельянов Д. И. Моделирование расписаний строительно-монтажных работ на основе агрегированных матрично-сетевых моделей: дисс. ... канд. техн. наук: специальность 05.02.22 / Емельянов Дмитрий Игоревич ; Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2003. – 159 с. – Текст : непосредственный.

REFERENCES

1. Monitoring ob'emov zhilishhnogo stroitel'stva [Monitoring the volume of housing construction] // Minstroy Rossii [Ministry of Construction of Russia] : [official website]. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/> (accessed: 15.10.2021).

2. Sadykov N. I. Proektirovanie ehnergoehffektivnykh maloehtazhnykh zhilykh zdaniy [Designing energy-efficient low-rise residential buildings] / N. I. Sadykov, A. Kh. Samuratov // Vestnik nauki Yuzhnogo Kazakhstana [Bulletin of Science of Southern Kazakhstan]. – 2019. – № 4 (8). – P. 39–47.

3. Denisov I. V. Ehnergomenedzhment, ehnergoehffektivnost' i «zelenye» tekhnologii v stroitel'stve i funktsionirovanii ob'ektov nedvizhimosti v Rossii [Energy management, energy efficiency and «green» technologies in the construction and operation of real estate in Russia] / I. V. Denisov, E. S. Petrenko, L. I. Togaibeva // Ehkonomika, predprinimatel'stvo i pravo [Economics, Entrepreneurship and Law]. – 2020. – Т. 10, № 4. – P. 1071–1084. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42900281>.

4. Gorshkov A. S. Ehnergoehffektivnost' v stroitel'stve: voprosy normirovaniya i mery po snizheniyu ehnergotrebleniya zdaniy [Energy efficiency in construction: issues of rationing and measures to reduce energy consumption of buildings] / A. S. Gorshkov // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal [Engineering and Construction Journal]. – 2010. – № 1. – P. 9–3.

5. Luchkina V. V. Optimizatsiya proekta ehnergoehffektivnogo stroitel'stva analiz rynka

ehnergoehffektivnykh tekhnologij pri proektirovanii zdaniy [Optimization of the energy-efficient construction project analysis of the market of energy-efficient technologies in the design of buildings] / V. V. Luchkina // Sistemnye tekhnologii [System technologies]. – 2018. – № 3 (28). – P. 5–13.

6. Borodinecs A. Energy-efficient construction in the climatic conditions of Latvia / A. Borodinecs, J. Zemitis, A. Geikins, I. V. Bykova, A. V. Nefyodova, S. V. Kupavykh // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2018. – № 3 (66). – P. 41–48.

7. Paskanny S. V. Otechestvennyy i mezhdunarodnyy opyt proektirovaniya ehnergoehffektivnykh zdaniy [Domestic and international experience in the design of energy efficient buildings] / S. V. Paskanny // E-Scio. – 2021. – № 4 (55). – P. 146–154.

8. Gorovaya N. A. K voprosu uluchsheniya urovnya teplozashchity krupnopanel'nykh zdaniy (na primere Donbasskogo regiona) [To the question of improving the thermal performance of large-panel buildings (on the example of Donbass region)] / N. A. Gorovaya, E. E. Budzilo, V. Yu. Zhurakovsky, A. V. Skripnik // Nauchnyy vestnik gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya Luganskoj Narodnoj Respubliki «Luganskij natsional'nyy agrarnyy universitet» [Scientific Bulletin of the state educational institution of Luhansk people's Republic «Lugansk national agrarian University»]. – 2019. – № 6–1. – P. 286–293.

9. Kotlyarevsky A. A. Ehnergoehffektivnye teploizolyatsionnye stroitel'nye materialy [Energy-efficient

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг объемов жилищного строительства // Минстрой России : [официальный сайт]. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/> (дата обращения: 15.10.2021).

2. Садыков Н. И. Проектирование энергоэффективных малоэтажных жилых зданий / Н. И. Садыков, А. Х. Самуратов // Вестник науки Южного Казахстана. – 2019. – № 4 (8). – С. 39–47.

3. Денисов И. В. Энергоменеджмент, энергоэффективность и «зеленые» технологии в строительстве и функционировании объектов недвижимости в России / И. В. Денисов, Е. С. Петренко, Л. И. Тогайбева // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 1071–1084. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42900281>.

4. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве:

- heat-insulating building materials] / A. A. Kotlyarevsky // Poisk (Volgograd) [Search (Volgograd)]. – 2016. – № 2 (4). – P. 65–67.
10. Abramyan S. G. Teploizolyatsionnye materialy, obespechivayushhie ehnergoeffektivnost' fasadnykh system [Thermal insulation materials ensuring energy efficiency of facade systems] / S. G. Abramyan, N. A. Mikhajlova, A. A. Kotlyarevsky, V. O. Semochkin // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2018. – № 4 (51). – P. 221.
 11. Ponyavina N. A. Primenenie IT-tehnologij dlya avtomatizatsii i sozdaniya informatsionnogo obespecheniya raboty ehksperta-stroitel'ya [Application of IT technologies for automation and creation of information support for the work of an expert builder] / N. A. Ponyavina, A. Yu. Shirimov, M. E. Popova // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2020. – T. 1, № 1 (5). – P. 141–147.
 12. Ponyavina N. A. Aktual'nost' izucheniya BIM-tehnologij pri poluchenii vysshego stroitel'nogo obrazovaniya v Rossii [The relevance of studying BIM technologies in obtaining higher construction education in Russia] / N. A. Ponyavina, M. E. Popova // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2020. – № 2 (6). – P. 190–194.
 13. Azhar S. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry / S. Azhar // Leadership and management in engineering. – 2011. – T. 11, № 3. – P. 241–252.
 14. Kosovtseva I. A. Avtomatizatsiya stroitel'nykh protsessov putem vnedeniya BIM-tehnologij [Automation of construction processes through the introduction of BIM technologies] / I. A. Kosovtseva, I. A. Klovkov // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2021. – № 1 (8). – P. 186–191.
 15. Garyaeva V. V. Obespechenie ustojchivogo proektirovaniya i ehnergoeffektivnogo stroitel'stva na baze BIM-modelirovaniya [Ensuring sustainable design and energy-efficient construction based on BIM modeling] / V. V. Garyaeva // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya [Scientific and Technical Bulletin of the Volga region]. – 2021. – № 3. – P. 17–20.
 16. Dikman L. G. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva : uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov [Organization of construction production : textbook for construction universities] / L. G. Dikman. – Moscow : Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov [Association of Construction Universities], 2006. – 608 p.
 17. Emelyanov D. I. Primenenie matrichnykh modelej i kompleksnogo kriteriya optimizatsii v kalendarnom planirovanii stroitel'nogo proizvodstva [Application of matrix models and complex optimization criteria in calendar planning of construction production] / D. I. Emelyanov, N. A. Ponyavina, I. A. Klovkov, K. A. Andreeva // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 4. – P. 51–57.
 18. Moskvina Yu. N. Avtomatizatsiya kalendarnogo planirovaniya stroitel'stva zhilykh kompleksov [Automation of calendar planning of construction of residential complexes] / Yu. N. Moskvina, A. N. Zhvakin // Infrastrukturnye otrasli ehkonomiki: problemy i perspektivy razvitiya [Infrastructural branches of economy: problems and prospects of development]. – 2014. – № 6. – P. 126–130.
 19. Khudoiev F. M. Primenenie tekhnologii kalendarnogo planirovaniya v stroitel'stve i osobennosti razrabotki grafika stroitel'stva otdel'nogo ob'ekta [Technology Application scheduling in the construction and development of the construction schedule of a particular object] / F. M. Khudoiev, A. V. Dzuba // Regional'nye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitel'stva, zemleustrojstva i kadastr v nachale III tysyacheletiya Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastres at the beginning of the III Millennium]. – 2018. – P. 360–363.
 20. Emelyanov D. I. Modelirovanie raspisanij stroitel'no-montazhnykh работ na osnove agregirovannykh matrichno-setevykh modelej [Modeling of construction and installation work schedules based on aggregated matrix-network models]: diss. ... kand. tekhn. nauk: spetsial'nost' 05.02.22 [diss. ... Candidate of Technical Sciences: specialty 05.02.22] / Emelyanov Dmitry Igorevich ; Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet [Voronezh State Technical University]. – Voronezh, 2003. – 159 p. – Tekst : neposredstvennyj [Text: direct].



УДК 69:658

DOI 10.54950/26585340_2021_3_6

Методика формирования сетевого плана капитального ремонта и реконструкции общественных зданий с использованием теории нечетких множеств

Methodology for Forming a Network Plan for Capital Repair and Reconstruction of Public Buildings Using the Theory of Fuzzy Sets

Ершов Роман Михайлович

Соискатель (соискатель ученой степени), ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, ershovrm@mail.ru

Ershov Roman Mikhailovich

Applicant (competitor of a scientific degree) of the National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, ershovrm@mail.ru

Топчий Дмитрий Владимирович

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, dvtopchiy0405@gmail.com.

Topchiy Dmitriy Vladimirovich

Ph. D. in Engineering Science, Assistant Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, dvtopchiy0405@gmail.com.

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос формирования сетевого плана выполнения работ по капитальному ремонту и реконструкции на основе нечеткой формализации времен выполнения этапов. Показано, что эксперты на начальном этапе планирования дают достаточно грубые оценки времени выполнения этапов. В связи с этим предлагается формировать не детерминированные оценки, а функции принадлежности нечетких значений времен выполнения. Относительно выбора типов функций принадлежности анализ работ показал, что наиболее адекватными являются гауссовы и функции, подобные бета-распределению теории вероятности. В рамках программной реализации методики расчета сетевого плана выбран пакет MatLab, что определило выбор функций принадлежно-

сти в виде гауссовых и П-образных функций, которые также, как и бета-функции, являются асимметричными. Предложена рекуррентная схема расчета сетевого плана, в которой реализованы бинарные операции суммы нечетких чисел и взятия максимума. Эти операции реализованы на основе принципа обобщения нечетких множеств. Для выбранной схемы сетевого плана выполнено моделирование и построены соответствующие функции принадлежности времен завершения этапов.

Ключевые слова: капитальный ремонт, реконструкция, общественные здания, организационно-технические решения, сетевой план, нечеткие множества, функции принадлежности, принцип обобщения.

Abstract

The article considers the issue of forming a network plan for the implementation of major repairs and reconstruction

based on the fuzzy formalization of the times of the stages. It is shown that experts at the initial stage of

НОВОСТЬ

НИУ МГСУ стал участником программы «Приоритет 2030»

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) объявлен одним из 106 российских вузов, которые стали участниками программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030». Эти учреждения получают грант в размере 100 миллионов рублей. Более 60 % вузов – региональные, 28 университетов находятся в Москве и 11 – в Санкт-Петербурге.

НИУ МГСУ является одним из ведущих строительных вузов страны. На базе его создан консорциум «Строительство и архитектура», который объединяет десять университетов строительной отрасли. Участие в соглашении строительных вузов страны

будет содействовать развитию кадрового потенциала строительной отрасли. В этом учебном году в вузы консорциума поступили более 15 тысяч человек, из которых почти 3,8 тысяч – в Московский государственный строительный университет. Ранее НИУ МГСУ впервые вошел в престижный международный рейтинг лучших вузов Times Higher Education.

«Приоритет 2030» – одна из самых масштабных в истории страны программ государственной поддержки российских университетов. Университеты из разных регионов России получают реальную возможность активизировать исследовательскую работу, привлекать к ней молодых и перспективных ученых.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>

planning give rather rough estimates of the execution time of the stages. In this regard, it is proposed to form not deterministic estimates, but membership functions of fuzzy values of execution times. Regarding the choice of types of membership functions, the analysis of the works showed that the most adequate are Gaussian and functions similar to the beta distribution of probability theory. As part of the software implementation of the network plan calculation methodology, the MatLab package was selected, which determined the choice of membership functions in the form of Gaussian and U-shaped functions, which, like beta

functions, are asymmetric. A recurrent scheme for calculating the network plan is proposed, in which binary operations of the sum of fuzzy numbers and taking the maximum are implemented. These operations are implemented on the basis of the principle of generalization of fuzzy sets. For the selected network plan scheme, modeling was performed and the corresponding membership functions of the completion times of the stages were constructed.

Keywords: major repairs, reconstruction, public buildings, organizational and technical solutions, network plan, fuzzy sets, membership functions, generalization principle.

Введение

Календарный план капитального ремонта и реконструкции общественных зданий представляет собой базовый документ для выполнения всех работ. Календарный план отражает весь процесс капитального ремонта и реконструкции, который охватывает всю совокупность работ как в пространстве, так и во времени [1; 2; 4]. В общем случае план начинается с выполнения подготовительных работ, а завершается сдачей здания приемочной комиссии. При составлении календарного плана имеет место множество задач, а именно [5–8]:

- равномерное и непрерывное использование всех необходимых при проведении работ ресурсов (материально-технических, людских, финансовых и т. д.);
- своевременное окончание всего цикла работ в соответствии с директивными или нормативными сроками;
- формирование плана с максимально возможным распараллеливанием и совмещением множества работ.

В общем случае календарный план должен содержать информацию:

- о календарном графике реализации каждой работы в реальном масштабе времени;
- о сроках выполнения отдельных этапов и видов работ – как по общему плану, так и по частным фронтам;

Фронт работ / Виды работ	Вид 1	Вид 2	...	Вид m
Частный фронт I	$Q_{i,1}$	$Q_{i,2}$		$Q_{i,m}$
Частный фронт II	$Q_{ii,1}$	$Q_{ii,2}$		$Q_{ii,m}$
...				
Частный фронт n-1	$Q_{n-1,1}$	$Q_{n-1,2}$		$Q_{n-1,m}$
Частный фронт n	$Q_{n,1}$	$Q_{n,2}$		$Q_{n,m}$
Состав бригады	K_1	K_2		K_m

Табл. 1. Трудоемкость видов работ по фронтам
Tab. 1. Labor intensity of types of work on the fronts

- о процессе передвижения рабочих в виде наглядных диаграмм;
- о технико-экономических показателях;
- о графиках расхода и прихода всех материалов.

Материалы и методы

Для первоначальной оценки трудоемкости q_n на каждом частном фронте общая трудоемкость всего цикла делится на общую площадь всех фронтов, а затем умножается на площадь отдельного частного фронта. Вся информация представляется в виде таблицы с результатами расчетов (таблица 1).

Для формирования сроков выполнения работ в столбец вида работ заносится количественный состав бригады. В общем случае продолжительность получается простым делением общей трудоемкости каждого вида на каждом фронте на количество рабочих в бригаде. Результат также представляется в виде таблицы (таблица 2).

Фронт работ / Виды работ	Вид 1	Вид 2	...	Вид m
Частный фронт I	$T_{i,1}$	$T_{i,2}$		$T_{i,m}$
Частный фронт II	$T_{ii,1}$	$T_{ii,2}$		$T_{ii,m}$
...				
Частный фронт n-1	$T_{n-1,1}$	$T_{n-1,2}$		$T_{n-1,m}$
Частный фронт n	$T_{n,1}$	$T_{n,2}$		$T_{n,m}$

Табл. 2. Продолжительности видов работ по фронтам
Tab. 2. Duration of types of work on the fronts

К основным технико-экономическим показателям календарного плана и организации работ, для которых выполняется расчет, относятся следующие [9–11].

1. Коэффициент своевременности работ:

$$K_1 = \frac{T_{nl}}{T_{nl} + \Delta T} = \frac{T_{nl}}{T_{nl} + (T_{nl} - T_{norm})}, \quad (1)$$

где ΔT представляет собой абсолютную величину погрешности между нормативным и плановым сроками.

2. Коэффициент совмещения работ:

$$K_2 = 1 - \frac{T_{nl}}{\sum t_i}, \quad (2)$$

где $\sum t_i$ представляет собой общую продолжительность работ.

3. Коэффициенты удельной трудоемкости:

$$q_1 = \sum \frac{Q_i}{S_i}, q_2 = \frac{\sum Q_i}{S}, \quad (3)$$

где Q_i представляет собой трудоемкость отдельного фронта, а $Q_{plan} = \sum Q_i$ – общая трудоемкость капитального ремонта или реконструкции общественного здания по календарному плану, которая представляется в виде площади диаграммы движения рабочих; общая полезная площадь $S = \sum S_i$ сумме площадей отдельных фронтов.

4. Коэффициент равномерности использования рабочих:

$$K_3 = \frac{N_{max}}{N_{av}}, N_{av} = \frac{Q_{plan}}{T_{plan}}, \quad (4)$$

где значения N_{av} и N_{max} представляют собой среднее и максимальное количество рабочих на объекте, которое также формируется на основании диаграммы движения рабочих.

5. И, как основной показатель, сроки выполнения работ по календарному плану:

$$T_{plan} \leq T_{norm}, \quad (5)$$

где T_{norm} – директивный срок выполнения работ по капитальному ремонту или реконструкции для выбранного общественного здания.

Неотъемлемой частью сетевого планирования являются графики поставок и расходов конструкций и деталей, которые сводятся в таблицу (таблица 3).

Табл. 3. График поставок и расхода конструкций и деталей
Tab. 3. Schedule of supplies and consumption of structures and parts

п/п	Наименование	Объём		День недели
		Единица измерения	Количество	

Линейный календарный график поступления и расхода материалов, изделий и конструкций состоит из левой и правой частей. Левая часть графика заполняется на основании данных календарного плана производства работ на объекте (по перечню основных конструктивных элементов и работ). В правой его части для каждого вида материала и изделий двумя линиями показывают поступающий грузопоток (с учетом соответствующего запаса) и ежедневный расход.

Анализ методов формирования оценок трудоемкости и сроков выполнения отдельных видов работ по отдельным фронтам показал, что на первоначальном этапе эти оценки считаются по усредненным значениям всех работ и являются достаточно грубыми [12; 13]. К тому же, для получения этих оценок проводят соответствующие экспертизы. В связи с этим для реализации сетевых планов реализации работ по капитальному строительству и реконструкции предлагается использовать теорию нечетких множеств, когда времена выполнения этапов сетевого плана задаются нечеткими числами. Кроме того, в рамках проведенных исследований разработан ряд программных приложений, которые реализованы в пакете MatLab и которые позволяют выполнить расчет сетевого плана в различных вариантах его формализации.

Построение функций принадлежности времен выполнения этапов сетевого плана представляет собой отдельную самостоятельную задачу. Однако на первом этапе разработки нечеткого сетевого плана автором предложено использовать функции принадлежности, которые имеют место в пакете MatLab. Выбор этого пакета обоснован наличием широкого спектра математических процедур, направленных на практическое применение нечетких множеств.

Опрос экспертов по формированию сетевых планов ряда крупных проектов по капитальному ремонту и реконструкции общественных зданий показал, что наиболее адекватными являются гауссова функция принадлежности и функция принадлежности бета-распределения, которая нашла широкое применение в сетевом планировании и используется в методе PERT [17].

Простая функция Гаусса имеет синтаксис $y = gaussmf(x, [g \ c])$, два параметра g и c определяют размах (численное значение соответствует СКО) и положение центра кривой, соответственно. Сама функция задается выражением $f(x|\sigma, c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}$ (рисунок 1). Характер параметров аналогичен нормальному закону распределения в теории вероятностей.

Функции принадлежности бета-распределения в пакете MatLab нет, однако имеет место достаточно похожая П-образная, которая, кроме задания асим-

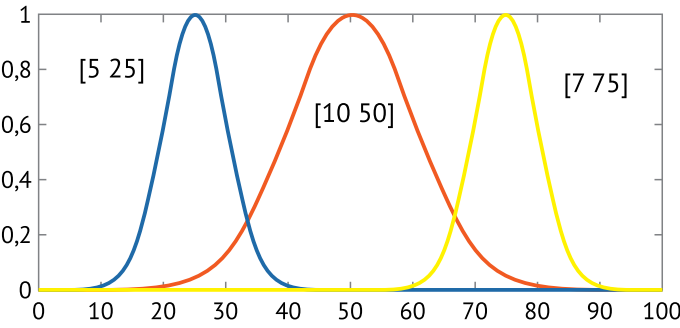


Рис. 1. Гауссова функция принадлежности
Fig. 1. Gaussian membership function

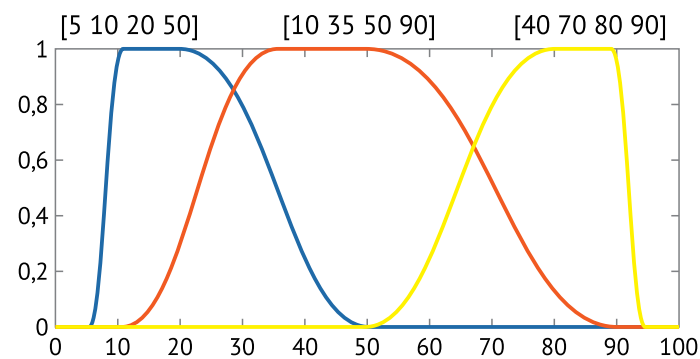


Рис. 2. П-образная функция принадлежности
Fig. 2. U-shaped membership function

метрии, также может формировать модальный интервал со значением уровня значимости, равным 1.

П-образная имеет синтаксис $y = pimf(x, [a \ b \ c \ d])$. Эта кривая представляет сплайн. Параметры a и d определяют местонахождение «ног» кривой (задают переход функции в нулевое значение), а параметры b и c размещение его «плеч» (задают переход функции в единичное значение). Функция принадлежности является продуктом ОВС из членства ZMF функций (рисунок 2).

Аналитическое представление этого сплайн записывается в виде:

$$f(x|\sigma, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ 1-2\left(\frac{x-c}{b-c}\right)^2 & c \leq x \leq \frac{c+d}{2} \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & \frac{c+d}{2} \leq x \leq d \\ 0 & d \leq x \end{cases} \quad (6)$$

В пакете Matlab также имеют место похожие, но симметричные функции распределения с различными вариантами сглаживания.

Результаты

В рамках аналитических вычислений удобнее рассматривать модели процессов, где работы представляются дугами [14]. Для построения имитационных моделей, которые параметризуются нечеткими числами, предлагается представление работ вершинами. Причем время реализации этапа сетевого плана является функцией от привлеченных ресурсов. Для детерминированного варианта существует множество методов расчета сетевого плана, но все они сводятся к поиску критических путей и резервов выполнения работ [15; 16; 18]. Для нечеткого варианта

формализации времен выполнения этапов сетевого плана невозможно установить полный временной порядок. В связи с этим предлагается несколько иной подход к реализации схемы моделирования. Сначала выполняется преобразование в зонную структуру или ярусно-параллельную форму. Как и в ярусно-параллельной форме, связи этапов идут только сверху вниз (или слева направо). При такой схеме можно последовательно суммировать и взять максимумы времен выполнения и завершения этапов.

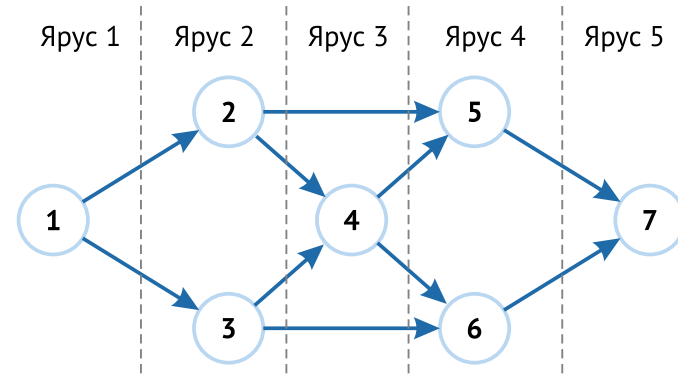


Рис. 3. Сетевой план на языке работ
Fig. 3. Network plan in the language of work

Предлагается универсальная рекуррентная схема, инвариантная к различным неопределенностям как при оценке временах реализации этапов, так и используемых ресурсов. Предполагается, что имеет место совокупность этапов $W_{i,i} = 1, \dots, I$ сетевого плана капитального ремонта и реконструкции общественного здания, связность которых определяется графом:

$$G = \langle W, E \rangle, \quad (7)$$

где E – дуги графа G .

Все вершины графа взвешены параметрами, среди которых основными для расчетной схемы являются времена выполнения этапов T_i . Одной из главных задач формализации является генерация временных интервалов реализации каждого i -го этапа $[T_i^H, T_i^K]$. Причем каждый интервал характеризуется объемом

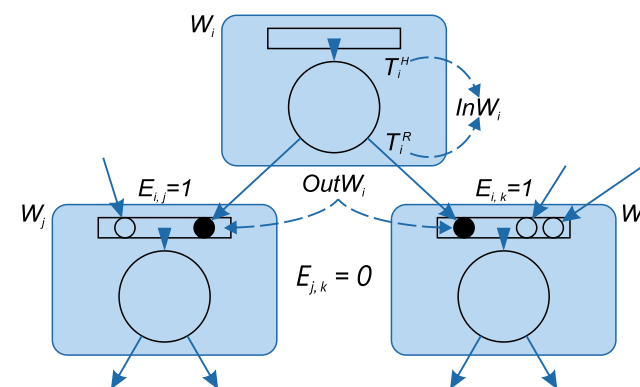


Рис. 4. Связь между этапами сетевого плана
Fig. 4. Relationship between the stages of the network plan

ресурсов. Таким образом, рекуррентная схема задает преобразование графа в матрицу начала и завершения каждого этапа:

$$G = \langle W, E \rangle \rightarrow \begin{bmatrix} T_1^H & T_2^H & \dots & T_N^H \\ T_1^K & T_2^K & \dots & T_N^K \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Модель сетевого плана в общей структуре представляет собой рекуррентную схему, реализующую последовательное выполнение операторов входа и выхода для всех этапов сетевой модели (рисунок 4). В представленной схеме с каждым этапом сетевого плана связана реализация двух операторов:

$InW_i(k)$ – входная процедура этапа W_i ;
 $OutW_i(k)$ – выходная процедура этапа W_i .

В общем случае сетевой план может быть произвольным сочетанием последовательных и параллельных структур. С целью инвариантной схемы расчета предлагается следующая процедура.

Шаг 1. Установка модельного времени $T = 0$ и назначение неопределенных величин времен начала и завершения этапа $T_i^H = \langle N \rangle$, $T_i^K = \langle N \rangle$.

Шаг 2. Поиск начальных вершин $I^b = \{W_i : \forall j E_{ji} = 0\}$, которые не имеют предшествующих, и установка времени их начала, равного $T_i^H = \langle T \rangle$.

Шаг 3. Реализация операторов InW_i для всех $i \in I^b$:

$$InW_i : (\forall j E_{ji} = 0) \Rightarrow (T_i^H - \max(T_j^K(i))), \quad (9)$$

где $T_j^K(i)$ – времена завершения этапов j , предшествующих i -му.

Инициализация предполагает расчет времени выполнения этапа (в одной из форм: четкой, нечеткой и стохастической). Время начала выполнения этапа T_i^H определяется как максимум времен завершения всех предшествующих этапов. Далее рассчитывается время завершения этапа $T_i^K = T + T_i^H$.

Расчетное время заносится в список будущих времен системы моделирования, запись в список завершенных $SigEnd_i = 1$. Если выполнен расчет всех времен завершения этапов, то идет завершение алгоритма, иначе – переход к шагу 5. В противном случае – переход к шагу 2.

Шаг 4. Далее выполняется процедура рассылки признака завершения этапа всем последующим после этапа i .

$$OutW : l = \arg \min \{T_j^K : T_j^K \neq N\}, T = T_i^K, \{InW_i(l) : \forall j : E_{ji} = 1\}. \quad (10)$$

После этого выполняется переход к шагу 2.

Шаг 5. Конец процедуры.

Из общего алгоритма расчета характеристик сетевого плана для лингвистической параметризации модели необходимо вычислять сумму и максимум двух и более нечетких переменных. Поскольку для этих двух операций выполняется свойство коммутативности, то задача заключается в выборе механизма выполнения операций. Реализация этих и любой произвольной бинарной операции может быть вы-

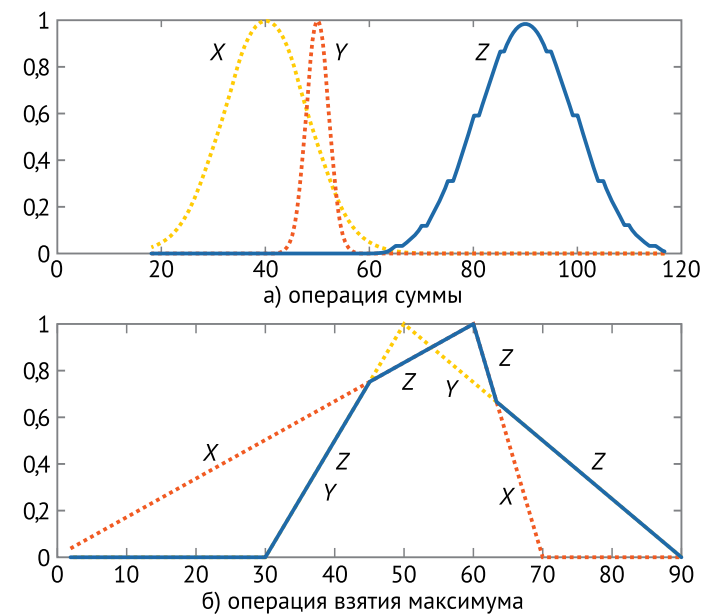


Рис. 5. Преобразование функции принадлежности для бинарных операций
Fig. 5. Transformation of the membership function for binary operations

полнена на основе принципа обобщения, который формулируется следующим образом.

Если имеет место произвольная бинарная операция $\oplus$ для двух переменных x и y , которая рассчитывает значение $z = x \oplus y$ на всей области значений $x \in X$ и $y \in Y$, и на этих множествах определены две лингвистические переменные $\underline{X}$ и $\underline{Y}$ с функциями принадлежности $\mu_{\underline{X}}$ и $\mu_{\underline{Y}}$ соответственно, то для дискретного случая, когда $\underline{X} = \bigcup_{i=1}^{N_x} (x_i | \mu_i)$ и $\underline{Y} = \bigcup_{j=1}^{N_y} (y_j | \lambda_j)$, результат бинарной операции $\underline{Z} = \underline{X} \oplus \underline{Y}$ может быть представлен в следующем виде:

$$\underline{Z} = \underline{X} \oplus \underline{Y} = \bigcup_{i,j} ((x_i \oplus y_j) | \min(\mu_i, \lambda_j)). \quad (11)$$

Можно отметить, что, как и в теории вероятности [3], для Гауссова распределения вероятностей для нечетких чисел с гауссовой функцией принадлежности сумма двух величин принимает значение с функцией принадлежности в том же классе (рисунок 5а), то есть результатом будет та же гауссова функция принадлежности, но с параметрами, представляющими сумму параметров аргументов бинарной операции.

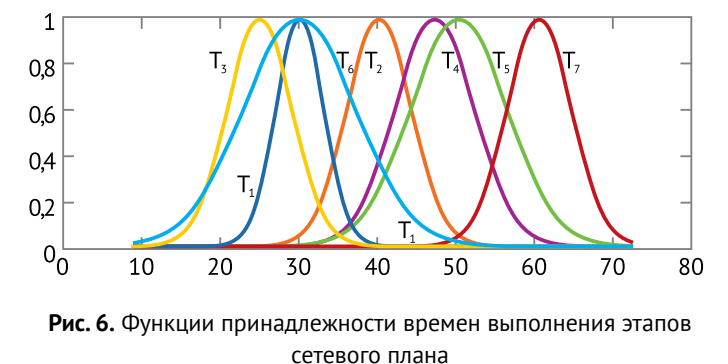


Рис. 6. Функции принадлежности времен выполнения этапов сетевого плана
Fig. 6. Membership functions of the execution times of the network plan stages

Табл. 4. Параметры функций принадлежности времен выполнения этапов сетевого плана

Tab. 4. Parameters of membership functions of the times of execution of network plan stages

T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
3	4	4	5	6	7	4
30	40	25	47	50	30	60

Для операции взятия максимума это свойство не выполняется (рисунок 56).

В общем случае для суммы и максимума двух аргументов имеет место соответствующая программная поддержка в MatLab, которая направлена на повышение вычислительной эффективности процедур расчета. Следует обратить внимание, что при дискретизации 100 единиц выполнение любой бинарной операции над нечеткими числами требует порядка 2·10⁴ обычных арифметических операций.

Приведем пример расчета сетевого плана-графика (рисунок 6) выполнения работ по схеме ASAP. Пусть времена выполнения каждого этапа задаются гауссовыми функциями принадлежности (рисунок 6) со значениями параметров из таблицы 4.

В результате расчета по предложенной модели сетевого планирования получаем времена завершения всех этапов сетевого плана в виде нечетких значений (рисунок 7).

Естественно, что такое представление результатов моделирования сетевого плана является более информативным, чем в случае грубых, но четких детерминированных оценок времен выполнения этапов. В данной ситуации лица, принимающие решения в зависимости от своей склонности к риску (пессимистическая стратегия, оптимистическая, минимаксная и другие), могут более обоснованно принимать

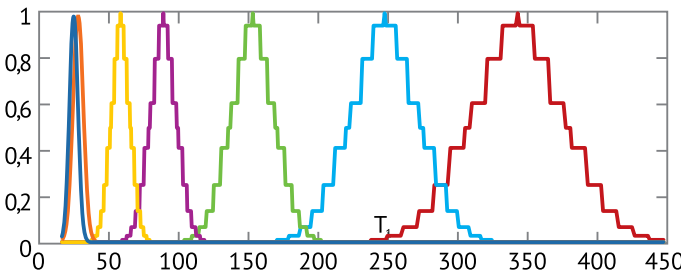


Рис. 7. Функции принадлежности времен завершения этапов сетевого плана

Fig. 7. Membership functions of the completion times of the network plan stages

решения в соответствии со своей стратегией риска. Кроме того, рассчитанные временные характеристики сетевого плана определяют также нечеткую динамику использования ресурсов, которые считаются абстрактными величинами (финансы, техника, кадры, сырье, материалы и т. д.).

Заключение

Таким образом, предложенная в статье методика сетевого планирования на основе нечетких множеств позволяет дать более адекватные оценки по времени реализации всего проекта, поскольку в качестве результата дается не грубая детерминированная оценка, а функция принадлежности с указанием уровня значимости каждого числового значения времени завершения проекта. Кроме того, из практики формирования оценок в методе PERT показано, что для описания нечетких чисел наиболее адекватными функциями принадлежности являются гауссова и П-образная, которая позволяет заменить бета-распределение. Методика расчета имеет программную поддержку в пакете MatLab. Для ряда сетевых планов выполнено моделирование и показана эффективность применения предложенной методики расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова В. Ф. Технология и организация реконструкции зданий: учеб. пособие / В. Ф. Александрова, Ю. И. Пастухов, Т. А. Расина. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2011. – 208 с.

2. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве / Х. Ахьюджа. – Москва : Мир, 1979. – 641 с.

3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров ; 2-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2000. – 480 с.

4. Дикман Л. Г. Организация строительного производства: учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. – Москва : АСВ, 2006. – 608 с.

5. Емельянов Д. И. Решение задачи планирования сложных производственных процессов на предприятии на основе методов сетевого планирования / Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, Е. А. Чеснокова // Известия высших учебных заведений. Серия: Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 5 (371). – С. 28–32.

6. Король Е. А. Решение задач организационно-тех-

нологического моделирования строительных процессов / Е. А. Король, С. В. Комиссаров, П. Б. Коган, С. Г. Арутюнов // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 3. – С. 43–45.

7. Мищенко В. Я. Методы решения задач календарного планирования на основе композиционных матрично-сетевых моделей / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов // Известия высших учебных заведений. Серия: Строительство. – 2002. – № 5 (521). – С. 58–63.

8. Мищенко В. Я. Оптимизация календарного плана строительного производства на основе пространственно-технологических связей / В. Я. Мищенко, М. А. Преображенский, М. Г. Добросотских // Безопасность критических инфраструктур и территорий. Проблемы безопасности строительных критических инфраструктур / Сборник статей VIII Всероссийской научно-технической конференции SAFETY-2018, 4–5 октября, Екатеринбург. – Екатеринбург, 2018. – С. 164–172.

9. Олейник П. П. Организация строительного производства / П. П. Олейник. – Москва : АСВ, 2010. – 572 с.

10. Москвина Ю. Н. Автоматизация календарного планирования строительства жилых комплексов / Ю. Н. Москвина, А. Н. Жвакин // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – Новосибирск : Центр развития научного сотрудничества, 2014. – № 6. – С. 126–130.

11. Понявина Н. А. Внедрение bim-технологий как основной путь совершенствования строительной отрасли / Н. А. Понявина, М. Е. Попова, К. А. Андреева, А. В. Мищенко // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 3 (7). – С. 115–119.

12. Понявина Н. А. Методика рационального распределения исполнителей при выполнении комплекса работ по воспроизводству объектов недвижимости с учетом изменения уровня трудовых потенциалов бригад / Н. А. Понявина, Д. И. Емельянов, Е. А. Чеснокова. – DOI <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67> // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 3 (72). – С. 59–67.

13. Худоев Ф. М. Применение технологии календарного планирования в строительстве и особенности разработки графика строительства отдельного объекта // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячеле-

тия / Ф. М. Худоев, А. В. Дзюба. – Комсомольск-на-Амуре : КНАГУ, 2018. – С. 360–363.

14. Battersby A. Network Analysis for Planning and Scheduling / A. Battersby. – London : Wiliam Clowes and Sons, 1970. – 332 p.

15. Klovok I. A. Dependence of money and time in construction / I. A. Klovok, A. A. Stukalin, I. A. Polushkina, K. A. Andreeva // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений / Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции. Курск, 20 ноября 2020. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 8–10.

16. Kreiner K. Organizational Behavior in Construction / K. Kreiner // Construction Management and Economics. – 2013. – Vol. 31, № 11. – P. 1165–1169.

17. Herrerias-Velasco J. M. Revisiting the PERT mean and variance / J. M. Herrerias-Velasco, R. Herrerias-Pleguezuelo, J. Rene van Dorp. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.014> // European Journal of Operational Research. – 2011. – Vol. 210, iss. 2. – P. 448–451.

18. Reda R. M. RPM: Repetitive project modeling / R. M. Reda // Journal of Construction Engineering and Management. – 1990. – № 116 (2). – P. 316–330.

REFERENCES

1. Alexandrova V. F. Tekhnologiya i organizatsiya rekonstruktsii zdaniy : ucheb. posobie [Technology and organization of reconstruction of buildings : textbook] / V. F. Alexandrova, Yu. I. Pastukhov, T. A. Rasina. – St. Petersburg : SPbGASU, 2011. – 208 p.

2. Akhyudzha Kh. Setevye metody upravleniya v proektirovanii i proizvodstve [Network management methods in design and production] / Kh. Akhyudzha. – Moscow : Mir, 1979. – 641 p.

3. Wentzel E. S. Teoriya veroyatnostej i ee inzhenernye prilozheniya [Probability theory and its engineering applications] / E. S. Wentzel, L. A. Ovcharov ; 2-e izd., ster. [2nd ed., stereotype]. – Moscow : Vysshaya shkola, 2000. – 480 p.

4. Dikman L. G. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva : uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov [Organization of construction production : textbook for construction universities] / L. G. Dikman. – Moscow : DIA, 2006. – 608 p.

5. Emelyanov D. I. Reshenie zadachi planirovaniya slozhnykh proizvodstvennykh protsessov na predpriyatii na osnove metodov setevogo planirovaniya [Solving the problem of planning complex production processes at an enterprise based on network planning methods] / D. I. Emelyanov, N. A. Ponyavina, E. A. Chesnokova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti [News of higher educational institutions. Series: Textile Industry Technology]. – 2017. – № 5 (371). – P. 28–32.

6. Korol' E. A. Reshenie zadach organizatsionno-tekhnologicheskogo modelirovaniya stroitel'nykh protsessov [The Solution of problems of organizational and technological simulation of construction processes] / E. A. Korol', S. V. Komissarov, P. B., Kogan, S. G. Arutyunov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2011. – № 3. – P. 43–45.

7. Mishchenko V. Ya. Metody resheniy zadach kalendarogo planirovaniya na osnove kompozitsionnykh matrichno-

setevykh modelej [Methods of solving calendar planning problems based on composite matrix-network models] / V. Ya. Mishchenko, D. I. Emelyanov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Stroitel'stvo [Izvestiya vyshevykh uchebnykh uchebnykh zavedeniy. Series: Construction]. – 2002. – № 5 (521). – P. 58–63.

8. Mishchenko V. Ya. Optimizatsiya kalendarogo plana stroitel'nogo proizvodstva na osnove prostranstvenno-tekhnologicheskikh svyazey [Optimization of the construction production schedule based on spatial and technological connections] / V. Ya. Mishchenko, M. A. Preobrazhensky, M. G. Dobrosotских // Bezopasnost' kritichnykh infrastruktur i territorij. Problemy bezopasnosti stroitel'nykh kritichnykh infrastruktur [Safety of critical infrastructures and territories. Problems of safety of construction critical infrastructures] / Sbornik statej VIII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Collection of articles of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference SAFETY-2018, October 4-5, Yekaterinburg]. – Yekaterinburg, 2018. – P. 164–172.

9. Oleinik P. P. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organization of construction production] / P. P. Oleinik. – Moscow : ASV, 2010. – 572 p.

10. Moskvina Yu. N. Avtomatizatsiya kalendarogo planirovaniya stroitel'stva zhilykh kompleksov [Automation of calendar planning of construction of residential complexes] / Yu. N. Moskvina, A. N. Zhvakin // Infrastrukturnye otrasli ehkonomiki: problemy i perspektivy razvitiya [Infrastructural branches of economy: problems and prospects of development]. – Novosibirsk : Tsentr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva [Center for the Development of Scientific Cooperation], 2014. – № 6. – P. 126–130.

11. Ponyavina N. A. [Introduction of BIM technologies as the main way to improve the construction industry] / N. A. Ponyavina, M. E. Popova, K. A. Andreeva, A. V. Mishchenko // [Construction and real estate]. – 2020. – № 3 (7). – P. 115–119.

12. Ponyavina N. A. Metodika ratsional'nogo raspredeleniya ispolnitelej pri vypolnenii kompleksa rabot po vosproizvodstvu ob'ektov nedvizhimosti s uchetom izmeneniya urovnya trudovykh potentsialov brigad [Methodology of rational distribution of performers when performing a complex of works on reproduction of real estate objects taking into account changes in the level of labor potentials of teams] / N. A. Ponyavina, D. I. Emelyanov, E. A. Chesnokova. – DOI <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67> // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta [Proceedings of the Southwestern State University]. – 2017. – № 3 (72). – P. 59–67.
13. Khudoiev F. M. Primenenie tekhnologii kalendarnogo planirovaniya v stroitel'stve i osobennosti razrabotki grafika stroitel'stva otel'nogo ob'ekta [Application of calendar planning technology in construction and features of the development of a schedule for the construction of a separate object] / F. M. Khudoiev, A. V. Dzyuba // Regional'nye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitel'stva, zemleustrojstva i kadaстров v nachale III tysyacheletiya [Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastre at the beginning of the III millennium]. – Komsomolsk-on-Amur : KNAU, 2018. – P. 360–363.
14. Battersby A. Network Analysis for Planning and Scheduling / A. Battersby. – London : Wiliam Clowes and Sons, 1970. – 332 p.
15. Klovov I. A. Dependence of money and time in construction / I. A. Klovov, A. A. Stukalin, I. A. Polushkina, K. A. Andreeva // Innovatsionnye metody proektirovaniya stroitel'nykh konstruksij zdaniy i sooruzhenij [Innovative methods of designing building structures of buildings and structures] / Sbornik nauchnykh trudov 2-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kursk, 20 noyabrya 2020 g. [Collection of scientific papers of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, November 20, 2020]. – Kursk : Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet [Southwest State University], 2020. – P. 8–10.
16. Kreiner K. Organizational Behavior in Construction / K. Kreiner // Construction Management and Economics. – 2013. – Vol. 31, № 11. – P. 1165–1169 (5).
17. Herrerias-Velasco J. M. Revisiting the PERT mean and variance / J. M. Herrerias-Velasco, R. Herrerias-Pleguezuelo, J. Rene van Dorp. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.014> // European Journal of Operational Research. – 2011. – Vol. 210, iss. 2. – P. 48–451.
18. Reda R. M. RPM: Repetitive project modeling / R. M. Reda // Journal of Construction Engineering and Management. – 1990. – № 116 (2). – P. 316–330.

НОВОСТЬ

Подготовлены новые редакции основополагающих для отрасли сводов правил по инженерным сетям

В рамках реализации плана по актуализации нормативной технической документации, утвержденного Минстроем России на 2021 год, подготовлены обновленные редакции основополагающих для отрасли сводов правил, регламентирующих проектирование и размещение инженерных сетей.

В текущем году специалистами с участием профессионального сообщества разработаны и пересмотрены:

- СП 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий»;
- СП «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения»;
- СП 124.1333 «СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети»;
- СП 62.13330.2011 «СНиП 41-01-2002 Газораспределительные системы»;
- СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения»;
- СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Актуальные редакции сводов правил подготовлены с учетом результатов проведенных научно-исследовательских работ и анализа положений более 300 повторяющихся специальных технических условий (СТУ).

«Внедрение новых материалов и «зеленых» технологий в пакет сводов правил по инженерным се-

тям позволит повысить безопасность, сократить стоимость строительства и эксплуатации объектов. Важным для всех потребителей является пересмотр требований СП 31 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Оптимизация работы водопроводной сети путем проведения гидравлического моделирования, поиска и контроля утечек, включения новых положений по требованиям водоочистки, по правилам применения и безопасного дозирования новых современных коагулянтов и синтетических полимерных флокулянтов обеспечит повышение уровня безопасности и экологического комфорта населения. Кроме того, в СП 31 и СП 32 включено новое требование учета жизненного цикла объектов и оборудования, что в перспективе обеспечит снижение аварийности и повышение надежности сетей», – подчеркнул заместитель Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Сергей Музыченко.

Также изменение СП 32 предусматривает возможность автоматического управления, регулирование и контроль основных технологических процессов, а также сбор, обработку, хранение информации и обеспечение доступа к ней для государственной информационной системы ЖКХ.

Разработка и актуализация нормативной технической документации организована ФАУ «ФЦС».

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69:05

DOI 10.54950/26585340_2021_3_7

Организация строительства быстровозводимых зданий после чрезвычайных ситуаций

Organization of Construction of Fast Buildings After Emergency Situations

Абрамова Анастасия Игоревна

Аспирант, преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, shatrovaan@mail.ru

Abramova Anastasia Igorevna

Postgraduate student, lecturer of the Department «Technologies and Organization of Construction production», Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, shatrovaan@mail.ru

Аннотация

В силу глобальных климатических изменений, быстрого технологического развития, а также в связи с трудными природно-климатическими условиями, все больше территорий Российской Федерации подвергается воздействиям чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые влекут за собой последствия в виде разрушений зданий и сооружений и причиняют материальный ущерб населению и экономике страны в целом. Целью настоящей статьи является создание методической базы для реализации организационных и технологических решений по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- анализ зарубежного и отечественного опыта ликвидации последствий ЧС;
- разработка методики выбора рациональных методов организации строительства и технологии возведения малоэтажных быстровозводимых зданий;

Abstract

Due to global climatic changes, rapid technological development, as well as due to difficult natural and climatic conditions, more and more territories of the Russian Federation are exposed to the effects of emergency situations (emergencies), which entail consequences in the form of destruction of buildings and structures and cause material damage to the population and the economy of the country as a whole. The purpose of this article is to create a methodological basis for the implementation of organizational and technological solutions to eliminate the consequences of emergencies.

To achieve this goal, the following tasks were completed:

- оценка экономической эффективности организационных и технологических решений по комплексной застройке территорий, пострадавших в результате ЧС.

Научная новизна работы заключается в выборе технологии возведения малоэтажных быстровозводимых зданий с учетом региональных особенностей в районах, пострадавших от ЧС.

Автор статьи использовал метод экспертных оценок. В процессе исследования проводился опрос и осуществлялось ранжирование организационных и технологических решений.

Результаты исследования подтвердили, что разработанная методика позволяет выбрать наиболее приемлемые и эффективные организационные и технологические решения при возведении зданий в условиях ЧС.

Ключевые слова: организационные решения, технологические решения, конструктивные решения, ограждающие конструкции, чрезвычайные ситуации.

- analysis of foreign and domestic experience in the elimination of the consequences of emergencies.

• development of a methodology for choosing rational methods of organizing construction and technology for the construction of low-rise prefabricated buildings.

- assessment of the economic efficiency of organizational and technological solutions for the integrated development of victims of emergencies.

The author of the article used the method of expert assessments. In the course of the research, a survey was conducted, and the ranking of organizational and technological solutions was carried out.

The results of the study confirmed that the developed methodology allows you to choose the most acceptable and effective organizational and technological solutions for the construction of buildings in emergency situations.

Введение

Строительство быстровозводимых зданий в России получило большое распространение во многом благодаря своему экономическому эффекту. Его применение позволяет в рекордно короткие сроки реализовать проекты по строительству жилых зданий, развлекательно-торговых центров, гостиниц и других социально значимых объектов. На сегодняшний день большое количество людей нуждается в ремонте жилищного фонда, в строительстве новых жилых и социально-бытовых зданий и сооружений.

В связи с этим приобретают все большую актуальность и разработка методики выбора типов быстровозводимых малоэтажных зданий с учетом региональных особенностей, и выбор метода организации комплексной застройки в районах, пострадавших от ЧС, и разработка методики выбора технологических решений по возведению быстровозводимых зданий в условиях последствий ликвидации ЧС [1].

Целью настоящей статьи является создание методической базы для реализации организационных и технологических решений по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- анализ зарубежного и отечественного опыта ликвидации последствий ЧС;
- разработка методики выбора рациональных методов организации строительства и технологии возведения малоэтажных быстровозводимых зданий;
- оценка экономической эффективности организационных и технологических решений по комплексной застройке территорий, пострадавших в результате ЧС.

Большие надежды на решение существующих в сфере строительства быстровозводимых зданий проблем возлагаются на Международную Ассоциацию специалистов по мобильным комплексам, деятельность которой направлена на объединение и консолидацию усилий государственных служащих, ученых, проектировщиков, работников строительных организаций разных стран; а также на активное применение инновационных технологий в деятельности предприятий; разработку и совершенствование нормативных актов; просветительство; проведение международных мероприятий (конференций, выставок).

В условиях чрезвычайных ситуаций на выбор технологии строительства зданий наибольшее влияние оказывают следующие факторы:

1. Удобство транспортировки.
2. Скорость переноса мощности (мобильность).

Keywords: organizational solutions, technological solutions, constructive solutions, enclosing structures, emergency situations.

3. Скорость и простота сборки (монтажа).
4. Оперативное обустройство – соблюдение сроков временного или постоянного размещения заданного рабочего контингента, установленных нормативными актами, с обеспечением надлежащих жилищно-бытовых условий.
5. Трансформируемость – возможность изменять количественные и качественные показатели при необходимости приспособления к определенным условиям и правилам эксплуатации.
6. Экономичность.
7. Многократность и продолжительность применения – возможность многократной передислокации здания.

Одним из ключевых этапов при строительстве зданий и сооружений является выбор организационных и технологических решений для строительного производства.

Под организационными и технологическими решениями в данном случае имеется в виду совокупность мероприятий, направленных на достижение заданных результатов строительного проекта, т. е. своевременный выпуск качественной продукции строительного производства [2].

В зависимости от сферы возникновения, выделяют следующие виды факторов, влияющих на выбор указанных решений:

- экономические (выражаются в сумме выделяемых правительственных средств на один квадратный метр, а также в плановых сроках, включая сроки начала и окончания этапов строительства, подключения к инженерным сооружениям, сроки сдачи и заселения объекта);
- трудовые (связаны с привлечением квалифицированных инженерно-технических работников (ИТР), возможностью привлечения рабочей силы, обеспечения строительства необходимыми машинами и механизмами, логистику, доставку на место строительства технических средств, возможность подключения будущего объекта к инженерным сетям и обеспечения его необходимыми коммуникациями (электричеством, водой, газом, связью);
- материальные (изготовление изделий из местного сырья, транспортировка сырья для конструкций и изделий от завода-изготовителя до места монтажа, применение выбранного конструктивно-технологического решения в условиях района строительства).

Анализ

Актуальной темой для исследований в области организации строительного производства является соз-

дание методики выбора методов организации строительства и технологии возведения зданий в условиях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

К основным задачам указанной методики относится выбор таких организационных и технологических решений по строительству жилых объектов, при которых построенный объект отвечал бы требованиям энергосбережения, а технология его строительства была бы малозатратной как по времени, так и по ресурсам [3].

С целью обеспечения оперативной ликвидации последствий возможных чрезвычайных ситуаций следует заранее создать определенный резерв, включающий в себя комплекты модульных конструкций для быстровозводимых зданий жилого и общественного назначения.

В Российской Федерации на сегодняшний день не сложилось единой практики по применению технологий быстровозводимых домов, поэтому рекомендуется использовать уже существующие технологии. В качестве альтернативного варианта может быть предложена разработка инновационных технологий в сфере строительства быстровозводимого жилья и их дальнейшая апробация на предмет возможности массового использования.

Останавливая свой выбор на какой-либо технологии, следует обращать внимание на такие ее свойства, как универсальность, условия использования в регионах с разным климатом, устойчивость к природным и погодным явлениям различного рода (землетрясениям, ветру, осадкам и т. д.), вес и объем конструкций в собранном виде, удобство транспортировки.

Также необходимо внести изменения, которые позволяют сократить сроки строительства, причем сами проектные и строительные работы будут занимать уже 30–40 % времени. Такого эффекта планируется добиться за счет того, что в условиях чрезвычайной ситуации все процессы, включая проектирование и строительство, можно будет осуществлять параллельно, с исключением потери времени на конкурсные процедуры.

Проведенный анализ некоторых технологий возведения быстровозводимых зданий различного назначения в районах ликвидаций последствий ЧС показал следующее.

1. Здания контейнерного типа состоят из стального или деревянного каркаса. Эти конструкции утепляются сыпучими материалами или плитным утеплителем. Поставляются с завода-изготовителя практически в готовом виде. С одной стороны, это можно считать достоинством, т. к. на монтаж затрачивается мало сил и времени, а с другой стороны – минусом, поскольку объемные конструкции занимают много места и создают сложности при перевозке.

2. Монтаж сборных зданий не требует больших усилий. Они состоят из стального профиля, внешняя поверхность которого, как правило, обшита тонким железным листом, а внутренняя – материалом из

дерева или древесной стружки. Сборные здания утепляют теплоизолирующим материалом. Останавливая выбор на этом виде конструкций, следует учитывать их достаточно громоздкие габариты в разобранном состоянии.

3. Пневмокаркасные быстровозводимые здания состоят из ряда надувных арок, которые соединяются продольными надувными балками. Среди минусов пневмокаркасных быстровозводимых зданий следует отметить их уязвимость к механическому воздействию.

4. Конструкции, возводимые с помощью пневматической опалубки, которая состоит из прорезиненной ткани или полимерной пленки и наполняется сжатым воздухом, также имеют ряд недостатков: низкая степень технологичности (приходится использовать в основном ручной труд), изготовление отдельных частей конструкции путем выполнения трудоемких технологических операций [4].

5. Технология строительства Massiv–Holz–Mauer (МНМ). Панели изготавливают из сушеных обрезных досок хвойных пород толщиной 24 мм. На нелицевой области доски по всей ее поверхности сделаны пазы для лучшей теплоизоляции и воздухопроницаемости. Достоинства – на 17 % лучше удерживают тепло по сравнению с кирпичным домом; недостатки: сравнительно высокая стоимость, сложная логистика, для монтажа панелей необходимо привлекать специалистов, т. к. самостоятельный монтаж невозможен.

6. OSB (Oriented Strand Board) представляет собой спрессованную под воздействием высокой температуры плиту из древесной стружки. Щепки прямоугольной формы, длина которых достигает до 14 см, а толщина колеблется в пределах от 0,5 до 0,7 мм, укладываются в несколько слоев. Этот материал имеет высокую влагостойкость, продолжительный срок эксплуатации, благодаря своей жесткости может монтироваться без деформации, его высокая плотность позволяет прочно удерживать различные крепежные элементы, а однородность исключает наличие сучков [5].

Метод

Методом называется совокупность операций и действий, направленных на познание.

Методика – это алгоритм определенных операций для решения определенного вопроса.

Метод является способом достижения цели или решения определенной задачи. Методика есть совокупность приемов и методов, применяемых в процессе работы, обучения, выполнения других задач. Так, математическую обработку данных, полученных в ходе эксперимента, можно считать методом, а выбор критериев или математических характеристик – методикой.

В научных исследованиях наиболее часто применяются следующие методы.

1. Эмпирические (измерительные) методы являются оптимальным инструментом для проведения



Рис. 1. Алгоритм выбора рационального конструктивно-технологического решения
Fig. 1. The algorithm for choosing a rational constructive and technological solution

материальных исследований, в которых предметами исследования выступают величины, имеющие определенные физические параметры, поддающиеся измерению.

2. Теоретические (аналитические) методы применяются в тех случаях, когда исследователь сталкивается с объектами исследования, недоступными человеческому восприятию. Объектами для такого типа анализа являются космические объекты или исторические задачи.

3. Количественные (статистические) методы являются методами исследования явлений и процессов на основе количественных показателей. Этот тип анализа применяется, когда информация имеется в массовом количестве.

4. Качественные методы исследований позволяют раскрыть значение тех или иных факторов какого-либо явления через анализ компетентных мнений [6].

Однако при изучении влияния передовых организационно-технологических решений на строительное производство отсутствуют и измеряемые физические параметры, и объекты, недоступные восприятию, и большие объемы статистических данных. Это говорит о том, что эмпирические, теоретические и количественные методы плохо подходят для данного исследования. Поэтому автором настоящей статьи в качестве метода исследования был выбран метод экспертной оценки. Полученные в процессе опроса экспертов результаты подверглись математическому

анализу, в ходе которого была установлена корректность собранных данных путем определения степени согласованности мнений экспертов.

Минимальное количество экспертов [7] рассчитывается следующим образом (1):

$$m > \frac{2\chi^2_T}{(n-1)}, \tag{1}$$

где m – количество экспертов;
 n – количество ранжированных объектов;
 χ^2_T – табличное значение критерия Пирсона.
В качестве аналитической модели исследования будет использовано выражение (2), значением которого является итоговая комплексная эффективность применения данной технологии:

$$f(V) = K \times \sum_{i=1}^n V_i = K \times (V_1 + V_2 + \dots + V_n), \tag{2}$$

где $f(V)$ – показатель эффективности решения;
 K – коэффициент, зависящий от количества критериев оценивания;
 V_i – оценка данной технологии по критерию, имеющему порядковый номер i ;
 n – количество критериев оценивания.

Результаты

На основании уравнения (2) вычислим итоговую эффективность рассмотренных технологий возведения малоэтажных быстровозводимых зданий раз-

личного назначения в районах с последствиями от чрезвычайных ситуаций. Каждый критерий вычисляется как среднее арифметическое данных экспертного опроса из сводных таблиц [8].

Объектом для исследования были выбраны технологии возведения малоэтажных быстровозводимых зданий различного назначения, которыми выступают:

- конструкции, возводимые с помощью пневматической опалубки (ПО),
- технология строительства Massiv-Holz-Mauer (МНМ),
- пневмокаркасные быстровозводимые здания (ПБЗ),
- сборные здания (СЗ),
- контейнерные здания (КЗ),
- OSB (Oriented Strand Board).

Как видно из итоговых оцененных показателей таблицы 1, лидирующую позицию среди рассмотренных технологий возведения малоэтажных быстровозводимых зданий различного назначения, набрав 7,25 баллов, заняла технология, подразумевающая использование спрессованной под воздействием высокой температуры древесностружечной плиты с ориентированной плоской щепой.

В случае реализации строительных проектов в условиях ЧС дополнительно следует учитывать существующие угрозы техногенного и природного характера [9]. С помощью методики, описанной в настоящей статье, можно объективно оценить эффективность применения методов организации и технологий строительства зданий различного назначения. Данные автором рекомендации позволяют проанализировать и выбрать наиболее подходящие организационно-технологические варианты реше-

ний при возведении зданий в условиях ЧС в сжатые сроки, с учетом всех специфических особенностей такого рода строительства.

Вывод

Выбор тех или иных организационных и технологических решений в строительстве всегда направлен на сдачу объектов требуемого качества в установленные сроки, рациональное использование ресурсов, максимальную автоматизацию рабочих процессов, при этом принимаются во внимание различные экономические, трудовые, технические и материальные факторы. При выборе ограждающих конструкций и технологий их возведения приоритет остается за решениями, предусматривающими применение малозатратных (по времени и по ресурсам) технологий строительства и сдачу в эксплуатацию объектов, отвечающих требованиям энергосбережения.

Дальнейшие исследования направлены на изучение таких аспектов, как:

- анализ зарубежного и отечественного опыта ликвидации последствий ЧС;
- анализ природно-климатических условий страны, сопровождающихся чрезвычайными ситуациями;
- разработка методики выбора типов быстровозводимых малоэтажных зданий с учетом региональных особенностей;
- выбор метода организации комплексной застройки в районах, пострадавших от ЧС;
- разработка методики выбора технологических решений по сооружению быстровозводимых зданий;
- определение экономической эффективности организационных и технологических решений по ликвидации последствий от ЧС.

Табл. 1. Технологии возведения малоэтажных быстровозводимых зданий
Tab. 1. Technologies for the construction of low-rise prefabricated buildings

№	Сокращенное обозначение	Критерий трудозатрат	Критерий скорости возведения	Критерий экономической эффективности	Критерий продолжительности строительства	Итоговая оценка эффективности
		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	
1	ПО	8,00	7,33	4,33	8,50	5,63
2	МНМ	4,17	6,80	7,73	8,20	6,83
3	ПБЗ	6,17	7,17	5,50	5,67	6,25
4	СЗ	5,17	7,00	5,17	6,67	5,83
5	КЗ	5,50	6,67	8,17	7,00	6,50
6	OSB	3,67	6,33	6,00	7,17	7,25

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширшиков Б. Ф. Особенности разработки организационно-технологических решений при выполнении строительно-восстановительных работ в чрезвычайных условиях / Б. Ф. Ширшиков, В. В. Акулич. – Москва, 2015. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25595312>.
2. Абрамова А. И. К вопросу выбора мероприятий

компенсационного характера при реализации инвестиционных строительных проектов / А. И. Абрамова // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 3 (105). – С. 102–106. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43024851>.

3. Shatrova A. The choice of organizational and technological solutions based on the modeling option / A. Shatrova // IOP conference series : Materials science and engineering. International science and technology conference «FarEastCon2019». – 2020. – P. 052035. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43267983>.
4. Михневич И. В. Конструкторское решение и технология быстровозводимого сооружения для применения в зонах чрезвычайных ситуаций / И. В. Михневич, А. В. Рыбаков, С. Д. Николенько // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 1 (40). – С. 66–75.
5. Lapidus A. Sip-technology as solution in low-rise multi-family residential buildings / A. Lapidus, Y. Ndayiragije // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. – 2019. – P. 06032. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41637221>.
6. Lapidus A. A. Identification of effective methods

for assessing the risks of a construction company in conditions of uncertainty / A. A. Lapidus, I. L. Abramov, Z. A. K. Alzaidi // Components of scientific and technological progress. – 2020. – № 11(53). – P. 13–18. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44481309>.

7. Загорская А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Липидус // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44513275>.
8. Погодин Д. А. Методы моделирования и оптимизации организационных и технологических решений в жилищном строительстве / Д. А. Погодин, А. И. Абрамова // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : Сборник докладов первой национальной конференции. – 2020. – С. 353–356. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44556300>.
9. Abramova A. I. Development of a method for selecting organizational and technological solutions for establishment of building enclosures and structures in the elimination of emergency situations consequences / A. I. Abramova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2021. – № 1 (55). – P. 10–15. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44909891>.

REFERENCES

1. Shirshikov B. F. Osobennosti razrabotki organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri vypolnenii stroitel'no-vosstanovitel'nykh rabot v chrezvychajnykh usloviyakh [Features of the development of organizational and technological solutions when performing construction and restoration work in emergency conditions] / B. F. Shirshikov, V. V. Akulich. – Moscow, 2015. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25595312>.
2. Abramova A. I. K voprosu vybora meropriyatij kompensatsionnykh kharaktera pri realizatsii investitsionnykh stroitel'nykh projektov [On the issue of choosing compensatory measures in the implementation of investment construction projects] / A. I. Abramova // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2020. – № 3 (105). – P. 102–106. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43024851>.
3. Shatrova A. The choice of organizational and technological solutions based on the modeling option / A. Shatrova // IOP conference series : Materials science and engineering. International science and technology conference «FarEastCon2019». – 2020. – P. 052035. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43267983>.
4. Mikhnevich I. V. Konstruktsionnoe reshenie i tekhnologiya bystrovozvodimogo sooruzheniya dlya primeneniya v zonakh chrezvychajnykh situatsij [Design solution and technology of prefabricated structures for use in emergency zones] / I. V. Mikhnevich, A. V. Rybakov, S. D. Nikolenko // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity [Scientific and educational problems of civil protection]. – 2019. – № 1 (40). – P. 66–75.
5. Lapidus A. Sip-technology as solution in low-rise multi-family residential buildings / A. Lapidus, Y. Ndayiragije // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. – 2019. – P. 06032. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41637221>.
6. Lapidus A. A. Identification of effective methods for assessing the risks of a construction company in conditions of uncertainty / A. A. Lapidus, I. L. Abramov, Z. A. K. Alzaidi // Components of scientific and technological progress. – 2020. – № 11(53). – P. 13–18. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44481309>.
7. Zagorskaya A. V. Primenenie metodov ehkspertnoj otsenki v nauchnom issledovanii. Neobkhodimoe kolichestvo ehkspertov [Application of expert assessment methods in scientific research. The required number of experts] / A. V. Zagorskaya, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 3. – P. 21–34. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44513275>.
8. Pogodin D. A. Metody modelirovaniya i optimizatsii organizatsionnykh i tekhnologicheskikh reshenij v zhilishhnom stroitel'stve [Methods of modeling and optimization of organizational and technological solutions in housing construction] / D. A. Pogodin, A. I. Abramova // Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovaniya : Sbornik dokladov pervoj natsional'noj konferentsii [Actual problems of the construction industry and education : A collection of reports of the first national conference]. – 2020. – P. 353–356. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44556300>.
9. Abramova A. I. Development of a method for selecting organizational and technological solutions for establishment of building enclosures and structures in the elimination of emergency situations consequences / A. I. Abramova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2021. – № 1 (55). – P. 10–15. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44909891>.



УДК 69:05

DOI 10.54950/26585340_2021_3_8

Технология монтажа теплоизоляционного слоя энергоэффективной эксплуатируемой кровли

Technology of Installation of a Heat-Insulating Layer of an Energy-Efficient Operated Roof

Сулейманова Людмила Александровна

Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство и городское хозяйство», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», Россия, 308012, Белгород, улица Костюкова, 46, ludmilasuleimanova@yandex.ru

Suleymanova Lyudmila Alexandrovna

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction and Municipal Facilities, The Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Russia, 308012, Belgorod, ulitsa Kostyukova, 46, ludmilasuleimanova@yandex.ru

Рябчевский Игорь Сергеевич

Ассистент кафедры «Строительство и городское хозяйство», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», Россия, 308012, Белгород, улица Костюкова, 46, kloud09@mail.ru

Ryabchevsky Igor Sergeevich

Assistant of the Department of Construction and Municipal Facilities, The Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Russia, 308012, Belgorod, ulitsa Kostyukova, 46, kloud09@mail.ru

Зиятдинова Айлин Низамовна

Магистрант кафедры «Строительство и городское хозяйство», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», Россия, 308012, Белгород, улица Костюкова, 46

Ziyatdinova Aileen Nizamovna

Graduate student of the Department of Construction and Municipal Facilities, The Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Russia, 308012, Belgorod, ulitsa Kostyukova, 46

Аннотация

Применение эксплуатируемой кровли на сегодняшний день позволяет эффективно использовать верхнюю часть здания, увеличивая его полезную площадь, что особенно актуально в условиях плотной городской застройки. Эксплуатируемая плоская кровля проектируется с учетом повседневного использования и дополнительной нагрузки, в зависимости от назначения пространства. В связи с этим при устройстве данного вида плоской кровли необходимо применять материалы и технологии, обладающие повышенными техническими и эксплуатаци-

онными характеристиками. Авторами рассмотрены виды креплений теплоизоляционного слоя эксплуатируемой кровли, такие как точечный крепеж, состоящий из пластикового дюбеля и крепежного элемента, и линейный крепеж, состоящий из профилированной полосы, закрепляемой к несущему основанию крепежным элементом, а также инверсионной балластной кровли. Определено приведенное сопротивление теплопередаче неоднородной части конструкции с учетом линейных и точечных теплотехнических неоднородностей. На основании

данного расчета выявлено, что точечные механические крепления, фиксируя, помимо утеплителя, слой гидроизоляции к несущему основанию, существенно снижают теплотехническую однородность теплоизоляционного слоя эксплуатируемой кровли, увеличивая при этом ма-

териалоемкость, трудоемкость монтажа и снижая эксплуатационную надежность и долговечность кровли.

Ключевые слова: теплоизоляция, технология монтажа, плоская кровля, точечный крепеж, линейный крепеж, организация строительства.

Abstract

Today, the use of usable roofing allows the efficient use of the upper part of the building, increasing its usable area, which is especially important in conditions of dense urban development. The usable flat roof is projected taking into account the everyday use and additional load depending on the purpose of space. In this regard, the design of this type of flat roofs need to use materials and technologies that have high technical and performance characteristics. The authors considered the types of fastenings for the insulating layer of the operated roof, such as point fasteners, consisting of a plastic dowel and a fastening element, and linear fasteners, consisting of a profiled strip fixed to the supporting base with a fastening element, as well as an inverted ballast roof. The reduced resistance to

heat transfer of an inhomogeneous part of the structure is determined, taking into account linear and point heat-transfer heterogeneity. Based on this calculation, it is revealed that point mechanical fasteners, fixing in addition to the insulation layer of waterproofing to the supporting base, reduce significantly the heat engineering uniformity of the thermal insulation layer of the accessible roof area, while increasing the material consumption, labor intensity of installation and reducing the service reliability and durability of the roof

Keywords: thermal insulation, technology of Installation, flat roof, point fasteners, linear fasteners, organization of construction.

Вступление

На сегодняшний день применение эксплуатируемой кровли наиболее популярно благодаря своим экологическим, техническим, экономическим и эстетическим качествам [1; 2]. Поскольку человеческая деятельность, такая как сжигание ископаемого топлива, крупномасштабное промышленное строительство, вырубка лесов, привела, среди прочего, к накоплению парниковых газов в атмосфере, мегаполисы, являющиеся центром внедрения инноваций, могут способствовать сокращению выбросов, адаптации к изменению климата и его восстановлению [3].

Эксплуатируемые кровли выполняют экологические функции, в том числе улучшение качества воздуха и температурно-влажностного режима, снижение шумового воздействия. Кроме того, данный вид кровли является благоприятной средой обитания для местной флоры и фауны [4]. Архитектурные функции включают в себя проектирование эстетического вида здания, использование кровли для зон отдыха и парковочной зоны, а также создание дополнительного пространства в условиях плотной городской застройки. Экономическая выгода заключается в инвестиционной привлекательности площадки, экономии энергии в системах отопления и в увеличении срока службы гидроизоляции и нижележащих покрытий [5].

При проектировании и монтаже эксплуатируемой кровли необходимо учитывать положения международных стандартов, применяемых для «зеленых» и энергоэффективных зданий, особенности конкретных климатических зон строительства и другие факторы местных условий, а также руководствоваться условиями грамотной проектной организации строительства [6; 7].

Как правило, в состав эксплуатируемой кровли входит большой перечень материалов, выполняющих различные функции: гидро-, паро- и теплоизоляция, защита от атмосферных воздействий и другие. При этом особые требования предъявляются именно к теплоизоляционному слою, поскольку материал данного слоя, как правило, наиболее подвержен деформациям, а при неправильном выборе материала в процессе эксплуатации он может намокать и разрушаться. Поэтому широкое распространение при устройстве эксплуатируемой кровли получил экструдированный пенополистирол (XPS), обладающий высокой теплоизоляцией, прочностью, долговечностью, биологической устойчивостью и экологичностью, минимальным весом и поверхностным водопоглощением.

Для противодействия сдвиговым нагрузкам и атмосферным воздействиям весь кровельный пирог, а в первую очередь и теплоизоляционный слой, должен быть надежно закреплен к несущему основанию кровли [8]. В связи с этим применяется система с механическим креплением, для которой существуют следующие крепежные системы:

- линейный крепеж (рисунок 1а), состоящий из металлической профилированной полосы, закрепляемой саморезами, которые выбираются в зависимости от типа несущего основания;

- точечный крепеж (рисунок 1б), состоящий из пластикового дюбеля и крепежного элемента (дюбель-гвоздя), которые также выбираются в зависимости от типа несущего основания.

Популярность обретает инверсионная балластная схема укладки кровельных слоев, особенностью которой является устройство гидроизоляционного слоя под утеплителем. В данном случае изоляцион-

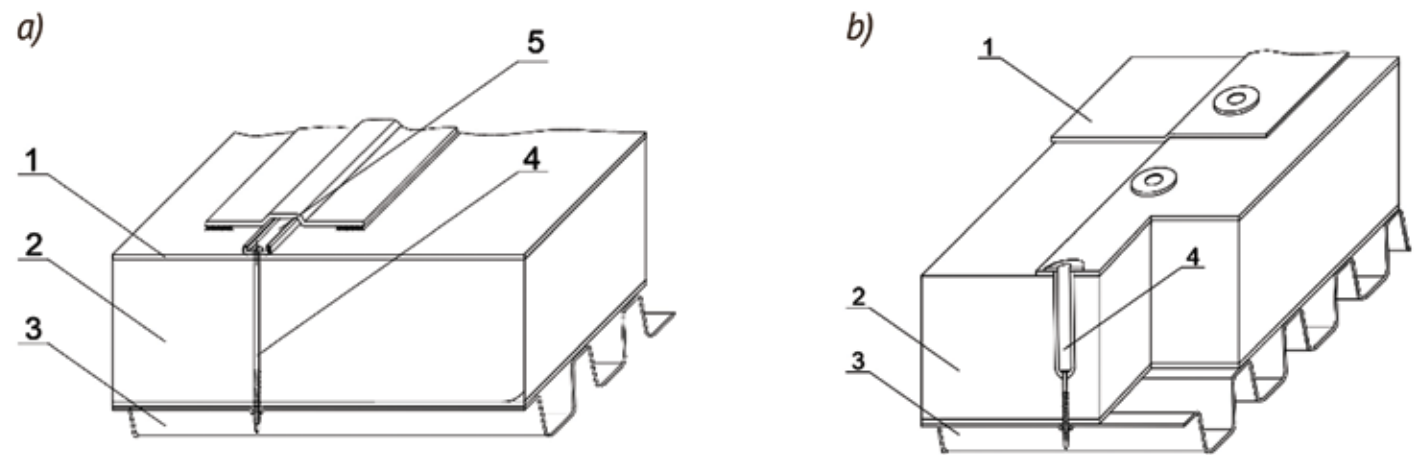


Рис. 1. Крепежные системы для теплоизоляционного слоя: а) – линейный крепеж; б) – точечный крепеж;

1 – слой кровельной мембраны; 2 – теплоизоляционный слой; 3 – несущее основание; 4 – крепежный элемент;

5 – профилированная полоса

Fig. 1. Fixing systems for thermal insulation layer: a) – linear fastener; b) – point fastener; 1 – roofing membrane layer;

2 – thermal insulation layer; 3 – supporting base; 4 – fastener; 5 – profiled strip

ная часть конструкции фиксируется к несущему основанию нагрузкой от веса вышележащих слоев, а устройство теплоизоляции в два слоя вразбежку обеспечивает сдвиговую жесткость данного слоя.

Поскольку применяемая в традиционной эксплуатируемой кровле точечная крепежная система в виде дюбель-гвоздей является теплопроводными включениями при закреплении изоляционных слоев к несущему основанию, исследование влияния креплений на теплотехническую однородность утеплителя позволит обосновать выбор инверсионной балластной кровли как наиболее энергоэффективной.

Материалы и методы

Для обоснования выбора крепежной системы теплоизоляционного слоя эксплуатационной кровли авторами произведен расчет приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной части конструк-

ции с учетом линейных и точечных теплотехнических неоднородностей [9; 10].

Для расчета рассматриваются фрагмент теплоизоляционного слоя инверсионной балластной кровли толщиной 100 мм, прикрепляемый к несущему основанию нагрузкой от вышележащих слоев конструкции (рисунок 2а), состоящий из двух слоев теплоизоляции в виде плит экструдированного пенополистирола толщиной 50 мм каждый, устраиваемый вразбежку; фрагмент теплоизоляционного слоя из экструдированного пенополистирола толщиной 100 мм, прикрепляемый к несущему основанию линейной крепежной системой (рисунок 2б), состоящий из металлической профилированной полосы шириной 30 мм, устраиваемой с шагом 450 мм и закрепляемой саморезами, толщина которой для расчета принимается равной 5 мм, с шагом 125 мм; и фрагмент

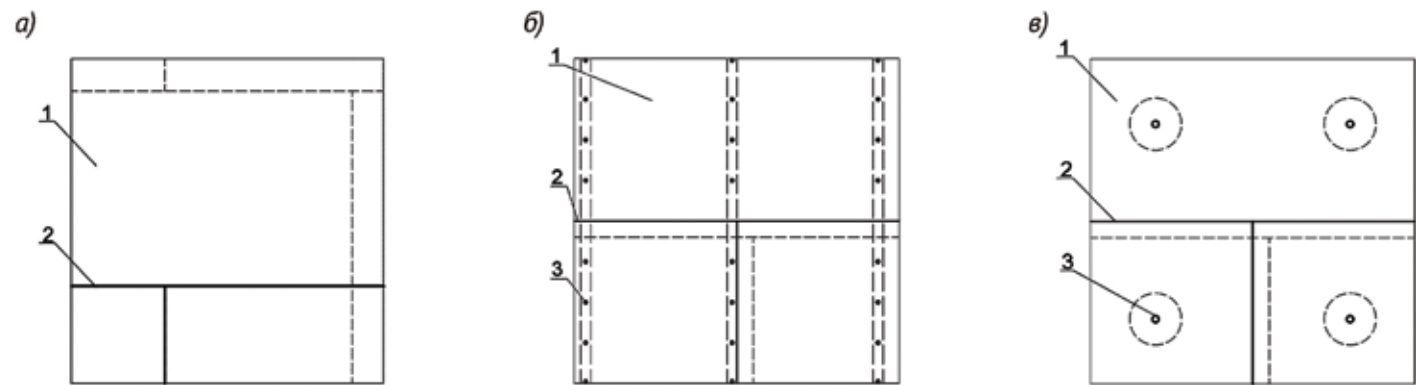


Рис. 2. Общий вид фрагментов теплоизоляционного слоя из экструдированного пенополистирола для определения приведенного сопротивления теплопередаче: а) – теплоизоляционный слой инверсионной балластной кровли;

б) – теплоизоляционный слой с линейной крепежной системой; в) – теплоизоляционный слой с точечной крепежной системой;

1 – участок слоя экструдированного пенополистирола; 2 – участок перевязки швов плит теплоизоляции;

3 – участок крепления теплоизоляционного слоя к несущему основанию

Fig. 2. General view of the fragments of the heat insulating layer of extruded polystyrene foam to determine the reduced resistance to heat transfer: a) – the thermal insulation layer of the inversion ballast roof; b) – heat insulation layer with a linear fastening system;

c) – heat insulation layer with point fastening system; 1 – section of the layer of extruded polystyrene foam;

2 – section of the joints of insulation plates; 3 – section of attachment of the heat insulation layer to the supporting foundation

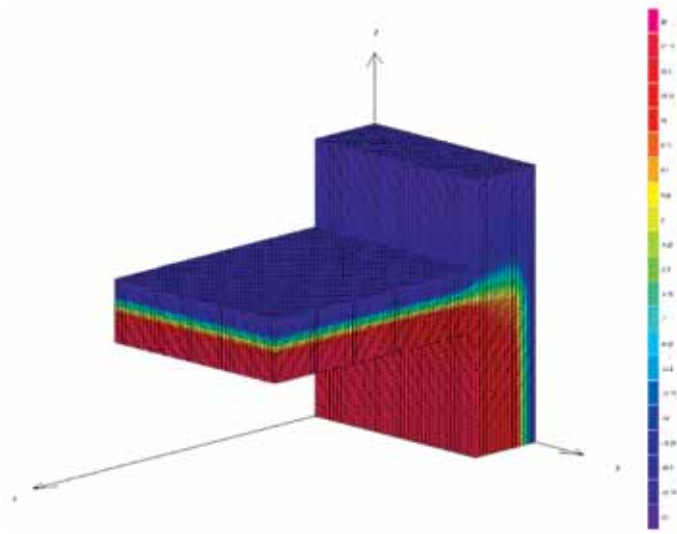


Рис. 3. Температурные поля примыкания инверсионной балластной кровли к парапету
Fig. 3. Temperature fields of the junction of the inversion ballasted roof to the parapet

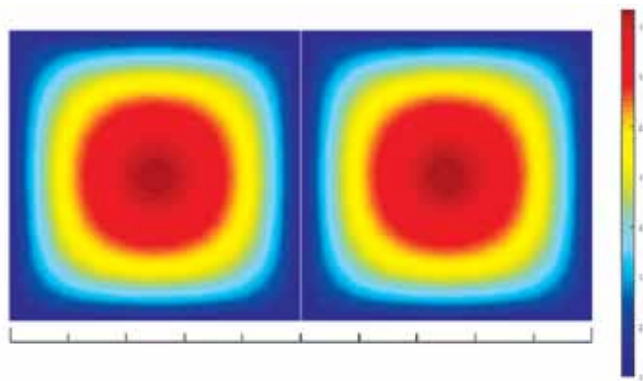


Рис. 4. Температурное поле стыка плит теплоизоляционного слоя инверсионной балластной кровли без креплений
Fig. 4. Temperature field of the joint of the slabs of the heat-insulating layer of the ballast inversion roof without fasteners

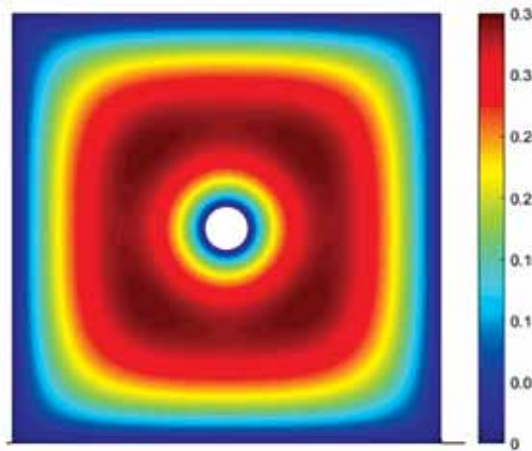


Рис. 5. Температурное поле участка крепления теплоизоляционного слоя к несущему основанию
Fig. 5. Temperature field of the section of fastening the heat-insulating layer to the supporting base

теплоизоляционного слоя из экструдированного пенополистирола толщиной 100 мм, прикрепляемый к несущему основанию точечной крепежной системой (рисунок 2в), состоящий из пенополипропиленового дюбеля высотой 70 мм и толщиной 10 мм и дюбель-гвоздя из стеклонаполненного ударопрочного полиамида, закрепляемых по углам плиты утеплителя на расстоянии 300 мм от краев плиты. Площадь фрагментов принимается равной 1 м².

Для определения дополнительных удельных линейных тепловых потерь через стыки авторами приняты значения, основанные на расчете двумерного температурного поля стыка конструкции (рисунок 3) [11], стыка плит теплоизоляционного слоя инверсионной балластной кровли без креплений (рисунок 4) и участка крепления теплоизоляционного слоя к опорному основанию (рисунок 5).

Результаты и обсуждение

Рассматриваемые фрагменты представлены тремя видами однородной части конструкции:

- участок теплоизоляционного слоя из экструдированного пенополистирола (рисунок 2, позиция 1);
- участок перевязки швов плит теплоизоляции (рисунок 2, позиция 2);
- участок крепления теплоизоляционного слоя к несущему основанию (рисунок 2, позиция 3).

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции рассматриваемого фрагмента определяется по источникам [9; 10].

Определяется приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплоизоляционного слоя из экструдированного пенополистирола, прикрепляемого к несущему основанию линейной крепежной системой, и фрагмента теплоизоляционного слоя из экструдированного пенополистирола, прикрепляемого к несущему основанию точечной крепежной системой. Данные расчета представлены в таблице 1.

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что теплотехническая однородность теплоизоляционного слоя инверсионной балластной кровли на 4,6 % выше кровли с фиксацией слоев утеплителя точечной системой крепления и на 10 % выше, чем у аналогичной с линейной системой крепления, за счет уменьшения количества теплопроводных включений и использования материалов с высокими теплозащитными свойствами.

Заключение

На сегодняшний день устройство эксплуатируемых кровель благодаря обширной функциональности позволяет улучшить эстетический вид зданий и экологическую обстановку в крупных городах в условиях плотной застройки. Эксплуатационные свойства данной кровли обеспечиваются применением современных материалов и технологий, одним из которых является экструдированный пенополистирол, закрепляемый к несущему основанию механическим креплением.

Табл. 1. Теплотехнические показатели для определения приведенного сопротивления теплопередаче фрагментов теплоизоляционного слоя

Tab. 1. Thermal performance indicators for determining the reduced heat transfer resistance of the thermal insulation layer fragments

Indicators	Линейная крепежная система			Точечная крепежная система				Инверсионная балластная кровля	
	Перевязка швов плит теплоизоляции	Участок теплоизоляционного слоя	Участок крепления теплоизоляционного слоя	Перевязка швов плит теплоизоляции	Участок теплоизоляционного слоя	Участок крепления теплоизоляционного слоя	Участок крепления теплоизоляционного слоя	Перевязка швов плит теплоизоляции	Участок теплоизоляционного слоя
Толщина фрагмента, м	0,1			0,1				0,1	
Площадь участка фрагмента A_j , м ²	0,0030	0,99653	0,00047	0,0030	0,99669	0,00008	0,00024	0,003	0,997
Сопротивление теплопередаче однородной части конструкции $R_{o,j}$ (м ² ·°C)/Вт	3,52339	2,79	0,16014	0,52339	2,79	4,13838	1,38539	3,52339	2,79
Дополнительные удельные линейные потери теплоты через стык j -го вида ψ_j , Вт/(м·°C)	0,02543		0,02518	0,02543		0,0154		0,02	
Протяженность всех стыков j -го вида в рассматриваемом фрагменте L_j , м	3,0		0,3768	3,0		0,1256		3,0	
Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции $R_{o,j}^r$ (м ² ·°C)/Вт	2,169			2,284				2,389	

Балласт – обязательный элемент инверсионной кровельной системы. Он защищает утеплитель с гидроизоляцией от солнечных лучей, является стабилизирующим элементом, препятствующим смещению нижележащих слоев, и декоративным компонентом, облагораживающим экстерьерный вид.

Для определения энергоэффективности инверсионной балластной эксплуатируемой кровли авторами произведен расчет приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной части конструкции с

учетом линейных и точечных теплотехнических неоднородностей теплоизоляционного слоя из экструдированного слоя, закрепляемого крепежной системой и балластом, и сделаны выводы.

Применение балластной системы позволяет за счет отсутствия механических крепежей снизить материалоемкость и трудоемкость монтажа теплоизоляционного слоя эксплуатируемой кровли, повысить долговечность конструкции, обеспечивая при этом высокую теплотехническую однородность.

REFERENCES

1. Korol S. Innovation Technologies in Green Roof Systems / S. Korol, N. Shushunova, T. Shushunova // MATEC Web of Conferences / International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018. – 2018. – Vol. 193, № 04009. – P. 8. – URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819304009>.
2. Francke B. Inverted Roof Insulation Kits and Their Durability / B. Francke, R. Geryto // MATEC Web of Conferences / MATBUD'2018 – 8th Scientific-Technical Conference on Material Problems in Civil Engineering. – 2018. – Vol. 163, № 08005. – P. 8. – URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816308005>.
3. Luchkina V. V. Application of Green Roofing Technologies as Site Landscaping / V. V. Luchkina // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 869, № 022008. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/869/2/022008/pdf>.
4. Egorov A. N. System of Criteria and Analysis Appraisals for Green Inverted Roof / A. N. Egorov, A. A. Tugushev // Contemporary Problems of Architecture and Construction. – London : CRC Press, 2021. – P. 377–380. – URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003176428-73/system-criteria-analysis-appraisals-green-inverted-roof-egorov-tugushev>.
5. Brenneisen S. Green Roof Planning in Urban Areas / S. Brenneisen, D. Gedge // Sustainable Built Environments. – New York, 2013. – P. 268–281. – URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4614-5828-9_208.
6. Luchkina V. V. Optimization of the Project of Energy Efficient Construction and the Analysis of the Market of Energy Efficient Technologies at Design of Buildings / V. V. Luchkina // System Technologies. – 2018. – Vol. 28. – P. 5–12.
7. Luchkina V. V. Analysis of Application of «Green» Roof Technologies as Objects of Improvement / V. V. Luchkina // Prospects of Science. – 2018. – Vol. 12 (123). – P. 147–150.
8. Speck J. A. Mechanical Fastening, Joining, and Assembly / J. A. Speck. – London : CRC Press, 2015. – P. 199–230. – URL: https://books.google.ru/books/about/Mechanical_Fastening_Joining_and_Assembl.html?hl=ru&id=6KhAbKYFbH4C&redir_esc=y.
9. Suleymanova L. A. Energy-efficient double-row masonry of the exterior walls in the buildings made of cellular concrete blocks / L. A. Suleymanova, I. A. Pogorelova, M. V. Marushko, I. S. Ryabchevsky // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 913, № 022044. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/2/022044>.
10. Suleymanova L. A. Energy efficiency improvement of aerated concrete block wall fences / L. A. Suleymanova, I. A. Pogorelova, K. A. Suleymanov // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 945, № 012006. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/945/1/012006>.
11. Almeida F. Thermal Conductivity Analysis of a New Sub-Micron Sized Polystyrene Foam / F. Almeida, H. Beyrichen, N. Dodamani, R. Caps, A. Müller, R. Oberhoffer // Journal of Cellular Plastics. SAGE Publications. – 2021. – Vol. 57, iss. 4. – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0021955X20943101>.

НОВОСТЬ

В России установят перечень мероприятий при реализации строительных проектов

Федеральным законом от 1 июля 2021 г. № 275-ФЗ внесены изменения в Градостроительный кодекс РФ. В Кодекс введена новая статья 5.2 «Перечень мероприятий, осуществляемых при реализации проектов по строительству объектов капитального строительства».

Этапы и мероприятия реализации проекта по строительству установлены непосредственно в Кодексе, а не в подзаконных актах, как было ранее.

Этапы реализации проекта охватывают весь строительный цикл: от оформления земельного участка до регистрации построенного объекта. Для всех видов строительства установлено 32 процедуры. Ранее нужно было пройти около 100 процедур в зависимости от вида объекта.

«Правительством будет установлен исчерпывающий перечень документов, мероприятий, согласований, осуществляемых при реализации проектов по строительству. Ни одна из инстанций не сможет требовать большее количество документов, предусмотренного перечнем. На сегодняшний момент в проекте их содержится более 800. Дальнейшая зада-

ча – сокращение количества указанных материалов минимум на треть», – подчеркнул Министр строительства и ЖКХ РФ Ирек Файзуллин.

Проект постановления структурирован по этапам:

1) приобретение прав на земельный участок;

2) утверждение или выдача необходимых для выполнения инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции объекта капитального строительства сведений, документов, материалов;

3) выполнение инженерных изысканий и осуществление архитектурно-строительного проектирования;

4) строительство, реконструкция объекта капитального строительства, ввод в эксплуатацию объекта капитального строительства;

5) государственный кадастровый учет и (или) государственная регистрация прав на построенный, реконструированный объект капитального строительства.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 624:05

DOI 10.54950/26585340_2021_3_9

Надежность организационно-технических мероприятий при осуществлении научно-технического сопровождения строительства высотных зданий

Reliability of Organizational and Technical Measures in the Implementation of Scientific and Technical Support for the Construction of High-Rise Buildings

Каширцев Михаил Сергеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Kashirtsev Mikhail Sergeevich

Graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Мотылев Роман Владимирович

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, 4

Motylev Roman Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya ulitsa, 4

Кожевников Дмитрий Георгиевич

Член совета директоров ООО «Научно-исследовательского института проектирования, технологии и экспертизы строительства» (НИИ ПТЭС), Россия, 127576, Москва, улица Новгородская, 1, строение А, офис 509, linstroy@mail.ru

Kozhevnikov Dmitry Georgievich

Member of the Board of Directors of LLC «Research Institute of Design, Technology and Construction Expertise» (NII PTES), Russia, 127576, Moscow, Novgorodskaya Street, 1, building A, office 509, linstroy@mail.ru

Аннотация

В рамках кандидатской диссертации ведется работа, связанная с проведением научно-технического сопровождения строительства уникальных высотных зданий. Научно-техническое сопровождение при строительстве уникальных зданий и сооружений не имеет достаточно-го регламента, закрепленного законодательными актами, регулирующими деятельность в области строительства в Российской Федерации [1; 2]. В связи с этим при разработке технического задания на проведение работ по научно-техническому сопровождению строительства

возникает вопрос о необходимости применения конкретных мероприятий, повышающих эффективность процесса строительства. Комплексный подход при разработке методики ведения научно-технического сопровождения строительства поможет увеличить эффективность ведения научно-технического сопровождения на объекте, а также оптимизировать затраченные трудовые ресурсы со стороны заказчика на определение комплекса необходимых мероприятий в рамках сопровождения строительства [3]. В статье рассматриваются принцип

разработки алгоритма определения параметров, влияющих на повышение эффективности ведения научно-технического сопровождения строительства, а также процесс определения параметров в результате проведения анализа объектов уникального высотного строительства в городе. Анализ объектов уникального высотного строительства проведен в Москве в связи с тем, что город за-

нимает лидирующую позицию в стране по строительству высотных объектов класса КС-3 [4].

Ключевые слова: научно-техническое сопровождение строительства, проектно-изыскательские работы, мониторинг, автоматизированная параметрическая модель, высотные здания и сооружения, уникальные здания и сооружения.

Abstract

As part of the Ph.D. thesis, work is being carried out related to scientific and technical support for the construction of unique high-rise buildings. Scientific and technical support in the creation of unique buildings and structures does not have a sufficient number of legislative acts regulating activities in the field of construction in the Russian Federation. In this regard, when developing technical specifications for the implementation of work on scientific and technical support of construction, the question of increasing the efficiency of construction arises. An integrated approach to the development of a methodology for scientific and technical support for construction will help increase the efficiency of scientific and technical support at the facility, as well as optimize the

labor expended on the part of the project to determine the necessary measures within the framework of construction support. The article discusses the principle of developing an algorithm for determining the parameters that affect the increase in the efficiency of scientific and technical support for construction. The analysis of objects of unique high-rise construction was carried out in the city of Moscow, due to the fact that Moscow occupies a leading position in the country in the construction of high-rise buildings of the KS-3 class.

Keywords: scientific and technical support of construction, design and survey work, monitoring, automated parametric model, high-rise buildings and structures, unique buildings and structures.

Разработка алгоритма определения параметров

Ведение научно-технического сопровождения при строительстве уникальных высотных зданий и сооружений необходимо в связи с появлением новых машин и механизмов, а также новых технологий производства работ [5]. В связи с тем, что строительство высотных зданий, имеющих высоту более ста метров, является уникальным процессом и не имеет четкой регламентирующей базы, возникает необходимость осуществить контроль со стороны профильных научных организаций для своевременного завершения строительства [6].

В рамках диссертационной работы разрабатывается алгоритм определения параметров, входящих в состав методики ведения научно-технического сопровождения при строительстве высотных зданий.

В работе под «параметром» понимается комплекс мероприятий, направленных на проведение контроля с целью повышения эффективности при производстве работ [7]. Под «эффективностью» понимает-

ся увеличение качества готового строительного изделия, повышение безопасности производства работ, снижение трудозатрат и стоимости при производстве работ и сокращение сроков строительства [8].

Для определения параметров разработан алгоритм, представленный на рисунке 1.

Для определения базового списка параметров необходимо проанализировать объекты уникального высотного строительства, выявив работы, выполняемые в рамках научно-технического сопровождения при строительстве.

Проведен анализ девятнадцати объектов уникального высотного строительства и составлен общий список работ, выполнявшихся на объекте для повышения общей эффективности строительства в рамках научно-технического сопровождения строительства [9].

Проанализированные объекты представлены на рисунке 2. Первоначальный список параметров состоял из шестидесяти трех позиций, выявленных в результате анализа объектов.



Рис. 1. Алгоритм определения параметров
Fig. 1. Algorithm for determining parameters

1. Загорье (ЮАО, Бирюлево Восточное) высотный жилой комплекс с подземной автостоянкой
2. Высотный многофункциональный комплекс с жилыми помещениями
3. Многофункциональный высотный жилой комплекс с подземной автостоянкой на территории ММДЦ "Москва-Сити"
4. Краснопресненская наб. вл. 14 стр. 1 (ЦАО, Пресненский) Многофункциональный высотный жилой комплекс
5. Ленинский просп. вл. 111/2 (ЮЗАО, Обручевский) многофункциональный высотный жилой комплекс "Вертикаль"
6. Нагатинский 1-й пр. вл. 11 (ЮАО, Нагатинно-Садовники) высотный градостроительный комплекс
7. Нежинская ул. южнее больницы № 1 (ЗАО, Очаково-Матвеевское) высотный жилой комплекс с подземной автостоянкой
8. Новоясеневский просп. вл. 5-13 (ЮЗАО, Ясенево) высотный жилой дом с надземно-подземным гаражом
9. Корпуса Высотно-Градостроительных комплексов (ВГК-1, ВГК-2)
10. высотный административно-офисный комплекс
- 11-15. Рокоссовского маршала бульв. вл. 5-8, Высотный жилой комплекс с подземной автостоянкой.
16. Семеновский пер. вл. 21 (ВАО, Соколиная гора) высотный объект административно-делового назначения
17. Серебрякова пр. вл. 11-13 (СВАО, Свиблово) Высотный многофункциональный административно-жилой комплекс;
18. Реконструкция шпиля и декоративных архитектурных элементов отделки фасадов центральной части высотного служебного здания
19. Хорошево-Мневники кв. 75 корп. 6 (СЗАО, Хорошево-Мневники) Высотный многофункциональный комплекс



Рис. 2. Проанализированные объекты
Fig. 2. Analyzed objects

Для универсальности разрабатываемой методики необходимо выявить наиболее важные параметры, имеющие более значимое влияние на повышение эффективности при строительстве уникального высотного здания [10].

Определение наиболее важных параметров происходило методом экспертных оценок. Группа экспертов в опросном листе получила список из шестидесяти трех параметров. Для проведения опроса были отобраны эксперты, имеющие следующие компетенции:

- эксперт состоит в национальном объединении строителей и национальном объединении изыскателей и проектировщиков;
- опыт на руководящей инженерной должности при строительстве уникального высотного здания от пяти лет.

Первой задачей, поставленной перед экспертами, нужно было определить, при какой оценке – от одного до десяти – параметр считается наиболее важным при ведении научно-технического сопровождения строительства. Второй задачей необходимо было определить параметры по важности, присвоив каждому параметру оценку от одного до десяти. По результатам первого опроса экспертами определено, что наиболее важными параметрами являются пара-

метры, получившие оценку от пяти до десяти включительно. По результатам второго опроса эксперты присвоили оценку от пяти до десяти тридцати параметрам. Эксперты определили, что наиболее важными параметрами, повышающими эффективность при ведении научно-технического сопровождения строительства высотных зданий из представленного списка, являются тридцать параметров, представленных в таблице 1.

Выводы

По результатам проведенной работы были достигнуты следующие поставленные задачи. Разработан алгоритм определения общих параметров для высотных объектов, благодаря которому можно определить наиболее важные параметры, влияющие на ведение научно-технического сопровождения строительства, а также повышающие общую эффективность всего процесса строительства.

Проведен анализ уникальных объектов высотного строительства, на основании которого были выявлены параметры, оказывающие наибольшее влияние на эффективность ведения научно-технического сопровождения непосредственно на объектах высотного строительства.

Проведена экспертная оценка, по результатам которой сформирован общий список параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений,

в том числе большепролетных, высотных и уникальных : МРДС 02 08 / А. Н. Давидюк, О. А. Ларин,

Табл. 1. Список параметров
Tab. 1. List of parameters

Поз.	Шифр	Наименование
1	P1	Проведение выборочных геодезических измерений (вынос осей, передача отметок по высоте, контроль за реперными точками)
2	P2	Мониторинг воздействия строительства на близлежащие существующие здания и сооружения
3	P3	Геотехнический мониторинг грунтовых масс за контуром подпорных стен
4	P4	Диагностика технического состояния машин и механизмов на строительной площадке
5	P5	Гидрологический мониторинг вблизи котлована
6	P6	Контроль за набором прочности бетона
7	P7	Контроль за движением рабочих кадров на объекте СКУД
8	P8	Выборочный входной контроль материалов, поступающих на строительную площадку (стальные, бетонные, фасадные конструкции, гидроизоляционные материалы, трубы для инженерных коммуникаций)
9	P9	Выборочный контроль за выполнением ответственных конструкций
10	P10	Выборочный замер сопротивления изоляции
11	P11	Контроль за соблюдением условий складирования и хранения материалов
12	P12	Контроль за экологическим воздействием при производстве работ
13	P13	Контроль за соблюдением мер пожарной безопасности при производстве работ
14	P14	Разработка текущих регламентов на производство работ (на производство работ по строительству ответственных конструкций, утилизацию отходов, контроль качества)
15	P15	Контроль за движением исполнительной документации по объекту
16	P16	Защитные мероприятия для предотвращения вибрационного воздействия на грунтовый массив при производстве работ
17	P17	Разработка логистической схемы доставки рабочих на объект
18	P18	Разработка логистической схемы доставки материала на объект
19	P19	Контроль за разработкой ППР и ППРГ
20	P20	Контроль за квалификационным составом подрядной организации
21	P21	Мониторинг сроков производства работ и составление прогноза строительства
22	P22	Выборочный неразрушающий контроль сварных соединений ответственных конструкций
23	P23	Выборочный контроль затяжки резьбовых соединений
24	P24	Анализ проектной документации и результатов инженерно-геологических изысканий, выявление коллизий
25	P25	Своевременная оценка необходимости внесения изменений в рабочую документацию
26	P26	Выборочный контроль муфтовых соединений
27	P27	Контроль устройства холодных швов бетонирования
28	P28	Выборочный контроль за устройством фасадных систем здания
29	P29	Разработка регламента по контролю за монтажом подъемных механизмов
30	P30	Разработка регламента непрерывного производства работ при возникновении неблагоприятных погодных условий

Е. С. Фискин, В. Н. Суязов [и др.] ; под ред. А. Д. Косована, А. Н. Дмитриева, А. Н. Зайко [и др.], ФГУП «НИЦ Строительство». – Москва : ОАО «КТБ ЖБ», 2008. – 76 с.

2. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения : ГОСТ Р 27751-2014 : Межгосударственный стандарт : введен в дейст. с 1 июля 2015 г. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 декабря 2014 г. № 1974-ст // ОАО «Научно-исследовательский центр «Строительство», Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко. – Москва, 2015. – 28 с.

3. Гранев В. В. Научно-техническое сопровождение проектирования зданий и сооружений / В. В. Гранев. – Москва : Издательство ПГС, 2018. – 4 с.

4. Каширцев М. С. Теоретические аспекты осуществления научно-технического сопровождения на этапе строительства при возведении высотных зданий / М. С. Каширцев, Д. В. Топчий ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2019. – 4 с.

5. Каширцев М. С. Осуществление научно-технического сопровождения строительства при возведении высотных зданий, дни студенческой науки / М. С. Каширцев, Д. В. Топчий ; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва : НИУ МГСУ, 2019. – 5 с.

6. Топчий Д. В. Научно-техническое сопровождение строительства и проектирования как дополнительный элемент квалиметрической модели обеспечения качества готовой строительной продукции / Д. В. Топчий, А. Ю. Юргайтис, М. Н. Данилошкин // Технология и организация строительного производства. – Москва : Международный центр по развитию и внедрению механизмов саморегулирования, 2018. – 5 с.

7. Липидус А. А. Научно-техническое сопровождение изысканий, проектирования и строительства как обязательный элемент достижения требуемых показателей проекта / А. А. Липидус // Вестник МГСУ. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – 9 с.

8. Леонтьев Е. В. Научно-техническое сопровождение при проектировании объектов производственного и гражданского назначения повышенного уровня ответственности / Е. В. Леонтьев, Р. Ю. Газизов // Вестник государственной экспертизы. – 2020. – № 1. – С. 56–61.

9. Dudler I. V. Methodology of site investigation for extremely hazardous, technologically complicated, and unique engineering structures / I. V. Dudler, N. M. Khayme, S. P. Lyarskii // Water Resources. – 2015. – № 41. – P. 904–915.

10. Липидус А. А. Разработка программы проведения научно-технического сопровождения строительства зданий с заглублением подземной части более чем на 15 метров / А. А. Липидус, И. С. Шевченко // Вестник Евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 2.

REFERENCES

1. Posobie po nauchno-tekhicheskomu soprovozhdeniyu i monitoringu stroyashhikhsya zdaniy i sooruzhenij, v tom chisle bol'sheproletnykh, vysotnykh i unikal'nykh : MRDS 02 08 [Manual on scientific and technical support and monitoring of buildings and structures under construction, including large-span, high-rise and unique : MRDS 02 08] / A. N. Davidyuk, O. A. Larin, E. S. Fiskin, V. N. Suyazov, A. K. Goncharov [et al.] ; pod red. [edited by] A. D. Kosovan, A. N. Dmitriev, A. N. Zaiko, A. I. Volkov, A. N. Davidyuk [et al.], FGUP «NITS Stroitel'stvo». – Moscow : JSC «KTБ ZHB», 2008. – 76 p.

2. Nadezhnost' stroitel'nykh konstruksij i osnovanij. Osnovnye polozheniya : GOST R 27751-2014 [Reliability of building structures and foundations. Main provisions : GOST R 27751-2014] : Mezhgosudarstvennyj standart [Interstate standard] : vveden v dejst. s 1 iyulya 2015 g. Priказом Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 11 dekabrya 2014 g. № 1974-st [introduced in the act. Since July 1, 2015 by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 11, 2014 No. 1974-st] // Nauchno-issledovatel'skij tsentr «Stroitel'stvo», Tsentral'nyj nauchno-issledovatel'skij institut stroitel'nykh konstruksij imeni V. A. Kucherenko [Scientific Research Center «Construction», Central Research Institute of Building Structures named after V. A. Kucherenko]. – Moscow, 2015. – 28 p.

3. Granev V. V. Nauchno-tekhicheskoe soprovozhdenie proektirovaniya zdaniy i sooruzhenij [Scientific and technical support of the design of buildings and structures] / V. V. Granev. – Moscow : PGS, 2018. – 4 p.

4. Kashirtsev M. S. Teoreticheskie aspekty osushhestvleniya nauchno-tekhicheskogo soprovozhdeniya na eh tape stroitel'stva pri vozvedenii vysotnykh zdaniy [Theoretical aspects of the implementation of scientific and technical support at the construction stage during the construction of high-rise buildings] / M. S. Kashirtsev, D. V. Topchy. – St. Petersburg : SPbGASU, 2019. – 4 p.

5. Kashirtsev M. S. Osushhestvlenie nauchno-tekhicheskogo soprovozhdeniya stroitel'stva pri vozvedenii vysotnykh zdaniy, dni studencheskoj nauki [Implementation of scientific and technical support of construction in the construction of high-rise buildings, days of student science] / M. S. Kashirtsev, D. V. Topchy. – Moscow : NRU MGSU, 2019. – 5 p.

6. Topchy D. V. Nauchno-tekhicheskoe soprovozhdenie stroitel'stva i proektirovaniya kak dopolnitel'nyj ehlement kvalimetricheskoj modeli obespecheniya kachestva gotovoj stroitel'noj produktsii [Scientific and technical support of construction and design as an additional element of the qualimetric model of quality assurance of finished construction products] / D. V. Topchy, A. Yu. Yurgaitis, M. N. Danilochkin // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – Moscow : Mezhdunarodnyj tsentr po razvitiyu i vnedreniyu mekhanizmov samoregulirovaniya [International Center for the Development and Implementation of Self-Regulation Mechanisms], 2018. – 5 p.

7. Lapidus A. A. Nauchno-tekhicheskoe soprovozhdenie izyskanij, proektirovaniya i stroitel'stva kak obyazatel'nyj ehlement dostizheniya trebuyemykh pokazatelej proekta [Scientific and technical support of research, design and construction as a mandatory element of achieving the required project indicators] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – Moscow, 2019. – 9 p.

8. Leontiev E. V. Nauchno-tekhicheskoe soprovozhdenie pri proektirovanii ob'ektov proizvodstvennogo i grazhdanskogo naznacheniya povyshennogo urovnya otvetstvennosti [Scientific and technical support in the design of industrial and civil facilities of an increased level of responsibility] / E. V. Leontiev, R. Y. Gazizov // Vestnik gosudarstvennoj ehkspertizy [Bulletin of State Expertise]. – 2020. – № 1. – P. 56–61.

9. Dudler I. V. Methodology of site investigation for extremely hazardous, technologically complicated, and unique engineering structures / I. V. Dudler, N. M. Khayme, S. P. Lyarskii // Water Resources. – 2015. – № 41. – P. 904–915.

10. Lapidus A. A. Razrabotka programmy provedeniya nauchno-tekhicheskogo soprovozhdeniya stroitel'stva zdaniy s zaglubleniem podzemnoj chasti bolee chem na 15 metrov [Development of programs for scientific and technical support for the construction of buildings with a deep underground part of more than 15 meters] / A. A. Lapidus, I. S. Shevchenko // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2020. – Vol. 12, № 2.

Анализ существующей системы управления строительством объектов транспортной инфраструктуры

Analysis of the Existing Management System for the Construction of Transport Infrastructure Facilities

Зеленцов Леонид Борисович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Организация строительства»,
Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ),
344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, l.zelencov@yandex.ru

Zelentsov Leonid Borisovich

Professor, Ph. D. in Engineering, Head of the Department of Organization of Construction, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1, l.zelencov@yandex.ru

Пирко Дмитрий Владимирович

Магистр ДГТУ, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ),
344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, dmitwl2000@gmail.com

Pirko Dmitry Vladimirovich

Master of DSTU, Don State Technical University (DSTU),
Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1, dmitwl2000@gmail.com

Алаамери Ибрахим Мохаммед Абдулваххаб

Аспирант, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ),
344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, engibrrahem@gmail.com

Alaameri Ibrahim Mohammed Abdulvahhab

Ph. D. student, Don State Technical University (DSTU),
Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1, engibrrahem@gmail.com

Аль-Мсари Ахмед

Аспирант, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ),
344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Al-Msari Ahmed

Ph. D. student, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1

Аннотация

В статье рассматривается стратегия развития системы управления организацией, занимающейся строительством объектов транспортной инфраструктуры. Для начала был проведен анализ текущих технологий, выявлена их проблематика. На основе обнаруженных проблем был предложен иной подход к формированию базы данных. Существующие подходы к разработке информационных технологий в сфере управления инвестиционно-строительным проектом (ИСП) ориентиро-

ваны на автоматизацию определенных функциональных областей с использованием локальных баз данных. В интеллектуальной системе управления «Строительство», разрабатываемой в ДГТУ, используется методика, ориентированная, прежде всего, на создание общей информационной базы, устраивающей, с точки зрения детализации и удобства использования, как строителей, так и организации, эксплуатирующие объекты недвижимости. При разработке архитектуры базы данных в ИСУ «Стро-

ительство» используется метод деагрегирования – раз-
узлования объекта на иерархически организованные
элементы, которые представляют собой своеобразный
скелет проектируемой базы данных на логическом
уровне.

Abstract

The article discusses the development strategy of the management system of an organization engaged in the construction of transport infrastructure. To begin with, an analysis of current technologies was carried out, their problems were identified. On the basis of the identified problems, a different approach to the formation of the database was proposed. Existing approaches to the development of information technology in the field of ISP management are focused on the automation of certain functional areas using local databases. In the intelligent control system «Construction» developed at DSTU, a methodology is used that is focused, first of all, on the

Для того, чтобы сформулировать требования к системам управления в строительных организациях, ведущих возведение объектов транспортной инфраструктуры, нами были проведены исследования с целью выявления тех проблем, которые существуют в настоящее время в этой сфере.

В работе приведены методика и пример обследования одной из таких организаций – ООО «Строй-Мост». Эта организация ведет строительство малых и средних автомобильных мостов и транспортных переходов, в основном в Южном федеральном округе РФ. Годовая программа работ строительной организации включает от 7 до 10 объектов транспортной инфраструктуры.

Целью исследования явились разработка стратегии развития системы управления организации и создание по итогам полученных результатов системы, основанной на принципах «бережливого строительства» с использованием современных цифровых технологий.

Первый этап исследования включал в себя решение задач по обследованию системы управления организации и анализу существующих технологий, используемых в сфере организации и управления строительным производством, а также получение представления о системе «как она есть», а на втором этапе разрабатывались рекомендации по ее улучшению.

Основным бизнес-процессом исследуемой организации является строительство автомобильных мостов и мостовых переходов. Этот вид строительства относится к одним из наиболее сложных и рискованных видов производства, что обусловлено особенностями данного вида строительства – большой зависимостью от места и времени строительства [1]. Объекты строительства располагаются на террито-

Keywords: Keywords: строительство, транспортная инфраструктура, методы организации строительства, информационная технология, база данных, «бережливое строительство».

creation of a general information base that suits both builders and organizations operating real estate in terms of detail and ease of use. When developing the architecture of the database in the ISU «Construction», the method of disaggregation is used - the exploding of the object into hierarchically organized elements, which represent a kind of «skeleton» of the projected bottom base at the logical level.

Keywords: construction, transport infrastructure, construction organization methods, information technology, database, «lean construction».

риях, чаще всего находящихся достаточно далеко от населенных пунктов, что требует дополнительных затрат на перебазировку временных зданий и обустройство территории для временного проживания рабочих и линейных инженерно-технических работников (ИТР), а также на организацию строительной площадки. В связи с этим работы на таких объектах ведутся вахтовым методом, в результате отсутствует постоянный контингент рабочих.

Все это усложняет процессы управления объектом строительства и приводит к необходимости постоянно учитывать «человеческий фактор». При такой системе успех строительства во многом зависит от профессиональных знаний производителя работ. Поэтому система управления объектами строительства в организации носит доверительный характер и слабо формализована.

При обследовании системы управления организации использовались методы анкетирования и интервьюирования.

В результате выявили, что организационная структура носит функциональный характер и включает следующие структурные подразделения: производственно-технический отдел (ПТО), сметно-договорной отдел (СДО), отдел снабжения (ОС), отдел главного механика (ОГМ), участки производителей строительно-монтажных работ (прорабские участки), вспомогательный участок по производству изделий (участок ЖБИ), бухгалтерия, отдел кадров (ОК).

Исходя из особенностей производственно-хозяйственной деятельности организации, были определены основные вопросы, подлежащие исследованию:

- участие в конкурсах на получение заказа (СДО);
- входной контроль проектно-сметной документации (ПСД) (ПТО, СДО);
- расчеты за выполненные работы (СДО);

- подготовка строительного производства (ПТО);
- система оперативного управления объектами строительства (ПТО, прорабские участки);
- система контроля качества производства работ (ПТО, прорабские участки);
- материально-техническое обеспечение (ОС);
- система эксплуатации машин и механизмов, находящихся на балансе организации (ОГМ);
- система производства железобетонных и стальных изделий (вспомогательный участок по изготовлению ЖБИ);
- управление кадрами (ОК);
- система бухгалтерского учета (бухгалтерия);
- система управленческого учета (ПТО, прорабские участки, вспомогательный участок, бухгалтерия).

На основании проведенного интервьюирования, информации опросных листов и собранных документов, характеризующих деятельность основных звеньев управления организацией, были сделаны следующие выводы о действующей системе управления и определены в ней «узкие места», требующие решения.

ПТО реализует функции, связанные с получением ПСД, контролем ее полноты и качества, разработкой календарных планов, отражающих схему взаимодействия с заказчиком в плане финансирования и отчетности за выполненные работы, формированием для отдела снабжения заявок на поставку материалов и заказов на производство изделий собственными силами (вспомогательным участком по изготовлению ЖБИ). В то же время из его внимания выпадает необходимость разработки для каждого объекта строительства комплектовочных ведомостей на материалы и конструкции с привязкой их к календарному плану.

ПТО осуществляет разработку месячных оперативных планов на основании данных, предоставляемых линейными работниками прорабских участков, и с учетом реально сложившейся ситуации по финансированию конкретного объекта. Недельно-суточное планирование, по мнению работников ПТО, не ведется в силу высокой трудоемкости, отсутствия стабильного финансирования и своевременного получения с объектов строительства информации о выполненных объемах работ. Система контроля качества производства работ со стороны ПТО сводится к камеральной обработке информации, предоставляемой линейными работниками раз в месяц, и инспекционными поездками на объекты строительства.

ОС работает в режиме удовлетворения заявок на закупку материальных ценностей структурных подразделений организации и готовит аналитическую информацию о рыночных ценах на материалы и конструкции (совместно с СДО) для участия в торгах на получение заказов. В практике работы ОС отсутствуют элементы планирования потребности в материальных ресурсах, не ведутся лимитно-заборные карты, а также не отслеживается выполнение договоров

поставки в разрезе номенклатурных групп и отдельных материалов.

Прорабские участки. На эффективности управления объектами строительства серьезно сказываются удаленность и территориальная разбросанность объектов строительства. Контроль деятельности линейных работников прорабских участков в плане полноты и своевременности ведения управленческой и исполнительной документации осуществляется со стороны ПТО эпизодически и фактически, при отсутствии налаженного недельно-суточного планирования и управленческого учета, они работают в большей степени на самоконтроле [Кошелев, 2014: 63–68; Крамер, 1990: 64–191].

Одним из серьезных недостатков в работе прорабских участков является и то, что они не ведут картотеку материальных ресурсов своего приобъектного склада, а на стадии месячного отчета берут эти данные в бухгалтерии. В связи с этим бухгалтерии очень часто приходится оприходовать материальные ресурсы позже, чем произошло их использование, и переносить эти расходы на следующий месяц, что приводит к неправильному исчислению налогов, искажению себестоимости объекта и вызывает подозрение у контролирующих органов. Кроме того, отсутствие в организации единого номенклатурного справочника товаров и материалов приводит к серьезным расхождениям в названиях материальных ресурсов в бухгалтерии и на объектах строительства.

Отсутствие объективной, приближенной к реальному масштабу времени информации об остатках материальных ресурсов на приобъектных складах, выполненных объемах работ, эффективности использования рабочих, строительных машин и механизмов (СМиМ) не позволяет руководству строительной организации принимать своевременные решения по оптимизации организационно-технологических процессов [2].

Задачей ОГМ является организация обслуживания и использования транспортных средств, строительных машин и механизмов, находящихся как на балансе строительной организации, так и взятых в лизинг или в аренду. В ОГМ осуществляется оформление путевых листов, на основании которых в дальнейшем осуществляется списание ГСМ и отнесение фактических затрат на объекты строительства по статье «эксплуатация машин и механизмов».

Ремонт техники осуществляется по договорам со сторонними организациями либо собственными силами. При этом графики выполнения ремонтных работ (планово-предупредительных и капитальных) не разрабатываются и не ведутся. Графики перебазирования строительных машин и механизмов по объектам строительства также отсутствуют. Калькуляция стоимости эксплуатации машин и механизмов по номенклатурным группам не ведется. Система ГЛОНАСС используется эпизодически для контроля за несанкционированным сливом топлива, но пока

не привязана к системе обработки путевых листов. Сотрудникам отдела ОГМ требуется регулярно сверять данные системы ГЛОНАСС с данными путевой базы, которая ведется в бухгалтерии. Только на конец месяца по базе путевых листов можно отследить остаток топлива в баке и сверить с данными ГЛОНАСС.

В организации практически не осуществляется своевременное документирование процедур движения вспомогательного оборудования (электростанций, генераторов, всевозможных станков и т. д.), нет полной информации, где они находятся и в каком состоянии и, следовательно, на какой объект списывать затраты на их эксплуатацию [3].

Отдел кадров (ОК). Система управления персоналом ориентирована на комплектование строительной организации рабочими и ИТР требуемых профессий. Из-за территориальной разбросанности объектов, вахтового метода организации работ и нестабильности в системе оплаты труда на предприятии сохраняется высокий уровень текучести кадров. Табели учета отработанного времени рабочих поступают с объектов строительства в документированном виде не чаще одного раза в месяц, что не позволяет оперативно управлять трудовыми ресурсами [4].

Сметно-договорной отдел (СДО) реализует функции, связанные с получением сметной документации, ее проверкой (совместно с ПТО) и выявлением несоответствий. СДО ежемесячно формирует акты выполненных работ по форме КС-2. СДО является ключевым элементом в существующей системе бюджетирования организации. Его основной задачей является контроль торговых площадок, на которых размещаются предложения по строительству объектов, подготовка данных и расчет цены оферты при проведении торгов, а также подготовка необходимой документации (совместно с ПТО) для заключения контракта.

Учитывая уникальность каждого моста, в том числе и с точки зрения геометрических размеров, в строительной организации существует вспомогательный участок, осуществляющий производство опалубки, железобетонных и металлических изделий или их отдельных деталей и элементов, не представленных на региональном рынке. Отсутствие формализованной системы планирования, учета выпускаемой продукции и калькуляции ее себестоимости не позволяет в принципе определить эффективность работы этого участка и правильность отнесения затрат на продукцию.

В настоящее время все затраты участка относятся к изделиям по алгоритму, не отражающему реальную трудоемкость и стоимость потребленных материалов, кроме того, себестоимость продукции участка возрастает за счет отнесения к ним затрат по непрофильным работам, что, в свою очередь, увеличивает себестоимость возводимых из них сооружений.

На систему управления организации серьезно влияет вахтовый метод организации строительства.

При вахтовом методе за объектом закрепляются две бригады, которые работают по две недели. Такой подход усложняет учет выполненных работ, списание материальных ресурсов, начисление заработной платы и т. п.

Важным элементом в системе управления любым современным предприятием, в том числе и изучаемой организацией, является информационное обеспечение управленческих процессов с использованием компьютерных технологий (таблица 1).

Табл. 1. Существующее программное обеспечение в организации
Tab. 1. Existing software in the organization

ИТ 1С:Транспорт	Обработка путевых листов
ИТ 1С:Бухгалтерия	Бухгалтерский учет
ИТ РИК	Расчет смет, формирование актов выполненных работ
MS Project	Календарное планирование

Интерфейс между перечисленными программными продуктами обеспечивается с помощью EXCEL (рисунок 1).

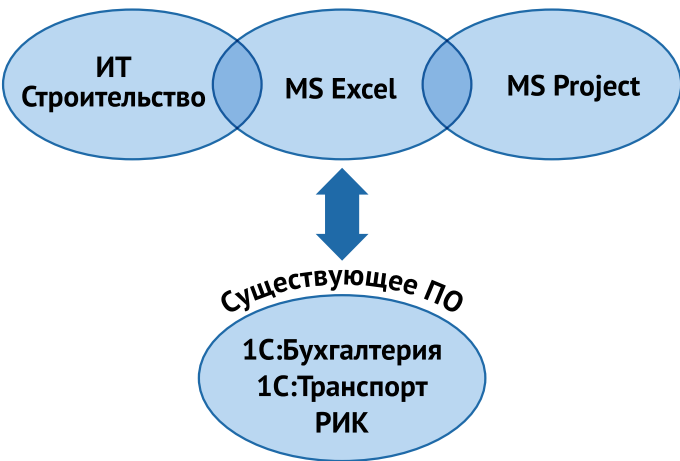


Рис. 1. Принципиальная схема взаимодействия существующего программного обеспечения в организации
Fig. 1. Schematic diagram of the interaction of the existing software in the organization

ИТ 1С:Бухгалтерия 7-й версии эксплуатируется в организации в течение длительного времени – в базовое ПО за это время было внесено достаточно много изменений, и поэтому она стала уникальным программным продуктом, не имеющим детальных описаний текстов программ с внесенными изменениями. Поэтому обычная установка следующей 8-й версии 1С:Бухгалтерия не позволит без значительных дополнительных затрат времени персонала и денежных средств на оплату консультантов и программистов перейти на работу с ней.

Все приведенные информационные технологии (ИТ) и программные комплексы работают ло-

кально, без обеспечения должного информационного взаимодействия, за исключением ИТ 1С:Бухгалтерия и ИТ 1С:Транспорт, интегрированных на одной базе. В результате эффективность применения программного обеспечения в организации состоит, в основном, в снижении затрат труда управленческих работников без получения синергетического эффекта – роста производительности труда и снижения издержек при производстве строительно-монтажных работ.

Исходя из вышеизложенного, общесистемными проблемами, которые необходимо решить в системе управления организации и которые актуальны и для других организаций строительного комплекса нашей страны, являются [5]:

- разработка единого классификатора ресурсов с централизованной системой его поддержки;
- упорядочение информационных потоков между структурными подразделениями и функциональными областями (подсистемами) системы управления организации;
- использование современной цифровой технологии, которая основана на принципах одноразо-

вого ввода первичной информации и создания единой информационной базы, обеспечивающей ежедневную фиксацию (сбор) и накопление первичной информации о протекании производственных процессов на строительной площадке;

- создание автономной системы управленческого учета, обеспечивающей синхронно с производственным процессом группировку первичных документов, подтверждающих затраты на изготовление и монтаж того или иного конструктивного элемента объекта строительства;
- обеспечение устойчивой связи строительной организации с объектами строительства для получения отчетной информации об объемах выполненных работ и списываемых материальных ресурсов;
- разработку системы бюджетирования с охватом всех стадий управления инвестиционно-строительными проектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленцов Л. Б. Интеллектуальные системы управления в строительстве : монография / Л. Б. Зеленцов, Л. Д. Маилян, М. С. Шогенов, И. Г. Трипута. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2017.
2. Зеленцов Л. Б. Моделирование организационно-технологических процессов в строительстве с использованием современных цифровых технологий / Л. Б. Зеленцов, Л. Д. Маилян, Н. Г. Акопян, М. С. Шогенов // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 41–44.
3. Зеленцов Л. Б. Создание адаптивной модели управления строительным проектированием / Л. Б. Зе-

- ленцов, Д. В. Пирко, И. Г. Трипута, М. С. Шогенов, Н. Г. Акопян // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 100–103.
4. Гребенников А. В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA / А. В. Гребенников, Ю. А. Крюков, Д. В. Чернягин // Системный анализ в науке и образовании. – 2011. – № 1. – С. 7–17.
5. Кошелев В. А. Управление материальными потоками в строительстве на основе концепции бережливого производства / В. А. Кошелев // Вестник евразийской науки. – 2014. – № 5 (24).

REFERENCES

1. Zelentsov L. B. Intellektual'nye sistemy upravleniya v stroitel'stve : monografiya [Intelligent control systems in construction : monograph] / L. B. Zelentsov, L. D. Mailyan, M. S. Shogenov, I. G. Triputa. – Rostov-on-Don : DSTU, 2017.
2. Zelentsov L. B. Modelirovanie organizatsionno-tekhnologicheskikh protsessov v stroitel'stve s ispol'zovaniem sovremennykh tsifrovyykh tekhnologij [Modeling of organizational and technological processes in construction using modern digital technologies] / L. B. Zelentsov, L. D. Mailyan, N. G. Hakobyan, M. S. Shogenov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 1. – P. 41–44.
3. Zelentsov L. B. Sozdanie adaptivnoy modeli upravleniya stroitel'nykh proektirovaniem [Creation of an adaptive model of construction design management] /

- L. B. Zelentsov, D. V. Pirko, I. G. Triputa, M. S. Shogenov, N. G. Hakobyan // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 1. – P. 100–103.
4. Grebennikov A.V. Modelirovanie setevogo trafika i prognozirovanie s pomoshh'yu modeli ARIMA [Modeling of network traffic and forecasting using the ARIMA model] / A.V. Grebennikov, Yu. A. Kryukov, D. V. Chernyagin // Sistemnyy analiz v nauke i obrazovanii [System analysis in science and education]. – 2011. – № 1. – P. 7–17.
1. 5. Koshelev V. A. Upravlenie material'nymi potokami v stroitel'stve na osnove kontseptsii berezhlivogo proizvodstva [Material flow management in construction based on the concept of lean production] / V. A. Koshelev // Vestnik evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2014. – № 5 (24).

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статья или ее части не должны быть ранее опубликованы или находиться на рассмотрении в других изданиях. Автор несет ответственность за соответствие информации, содержащейся в представленных документах.
2. Статьи должны содержать результаты научных исследований, аналитику, описание проектов и др. в области технического регулирования в строительстве.
3. Статью необходимо представить в электронном виде.
4. Перед названием статьи должен быть указан индекс УДК.
5. Название статьи, Ф. И. О. авторов, аннотацию, ключевые слова, название таблиц и иллюстраций следует приводить на русском и английском языках.
6. На отдельном листе нужно представить сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.
7. Объем рукописи не должен превышать 20 страниц (файл в формате .doc в MS Word).
8. Текст статьи должен быть напечатан следующим образом: с подрисовочными подписями, номерами рисунков и необходимыми пояснениями к ним; шрифт – Times New Roman, 12 пт., межстрочный интервал – полуторный.
9. Рисунки с подрисовочными подписями и номерами следует направлять отдельными файлами в формате .jpeg (разрешение не менее 300 dpi). Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи.
10. Библиографический список на русском и английском языках должен включать только литературу, цитируемую в статье. Ссылки на источники следует приводить в тексте в квадратных скобках. Список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 - 2008.

Подписка:
в отделениях ФГУП Почты России через каталог агентства
«Пресса России», на сайте объединенного каталога «Пресса России»
www.ppressa-rf.ru
Подписной индекс E83990

Страна: Россия Город: Москва
ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ (4 ВЫПУСКА В ГОД)

ISSN 2658-5340 (Print)

**Научно-технический журнал
«Строительное производство» издается с 2010 года
под следующими наименованиями:**

с 2010 года – «Техническое регулирование. Строительство.
Проектирование. Изыскания»

с 2012 года – «Технология и организация строительного производства»

с 2019 года – «Строительное производство»

Издатель: ООО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР»

Учредитель Назыпова С. В.

Главный редактор Лapidус А. А.

Выпускающий редактор Каурова М. А.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

**Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 75299
от 25.03.2019 ЭЛ № ФС 77 – 75165 от 22.02.2019**

Цитирование, частичное или полное воспроизведение материалов
только с согласия редакции

Авторы опубликованных материалов несут ответственность
за достоверность приведенных в статьях сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за использование в статьях данных,
не подлежащих открытой публикации

Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы
и объявлений

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 3 (39) 2021
Дата публикации: 30 октября 2021 года

Отпечатано в типографии ООО «PROMZONA»
105066, Москва, ул. Ольховская, д. 14, стр. 4
Тираж 550 экз. Свободная цена



Телефон: +7 (495) 162 61 02
e-mail: info@build-pro.press
сайт журнала: www.build-pro.press

127018, РФ, Москва, Сущевский вал,
д. 16, стр. 5, этаж 4, кабинет 405
сайт издательства: www.mosnec.com

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство», 2021