



ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА | 2023



ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

II Международная научно-практическая конференция,
посвященная 100-летию со дня рождения
профессора Виктора Алексеевича АФАНАСЬЕВА

21–22 февраля 2023 г.

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА
ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

II Международная научно-практическая конференция,
посвященная 100-летию со дня рождения
профессора Виктора Алексеевича АФАНАСЬЕВА

21–22 февраля 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

УДК 69.003.658

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент *А. П. Васин* (ООО «БЭСКИТ»);
канд. техн. наук, директор по производству *А. Л. Колчеданцев* (ООО «ЗАВОД ЖБИ-8»)

Петербургская школа поточной организации строительства : II Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения профессора Виктора Алексеевича Афанасьева [21–22 февраля 2023 года] ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2023. – 193 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1294-1

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете 21–22 февраля 2023 г. прошла II Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения профессора Виктора Алексеевича Афанасьева. В конференции приняли участие более 50 ученых и практиков из России и других стран.

В сборнике представлены научные и практические работы преподавателей вузов, специалистов в области организации строительства, молодых ученых, аспирантов, студентов магистратуры.

Рассмотрены организационно-технологические вопросы планирования, управления и организации строительства, технологии возведения промышленно-гражданских зданий и сооружений; вопросы формирования и оптимизации конкурентоспособных методов организации работ, использования для сравнительного анализа вариантов организации работ абсолютных критериев времени, стоимости и других относительных дифференциальных критериев, объединяемых в интегральные, составления исполнительных календарных графиков «по факту», их анализа и использования при строительстве аналогичных объектов, а также исследования по разработке организационных основ управления, многоуровневого календарного планирования строительства объектов и комплексов.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

Р. В. Мотылев (председатель);
Ч. О. Бахтинова;
В. К. Нефедова;
В. М. Челнокова

ISBN 978-5-9227-1294-1

© Авторы статей, 2023
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2023

ПАМЯТИ
Виктора Алексеевича
АФАНАСЬЕВА

Все было ясно в этом мире –
Царил поток, блистала сеть.
Вы помогли взглянуть нам шире
И их единство рассмотреть.

Вписав в строительство страницу
Еще по взлетной полосе,
Вы не смогли остановиться:
Поток пленили Вы таблицей
И наложили связи все.

И можно бы поставить точку,
Есть все – и метод, и расчет.
Но не давал Вам видно ночью
Уснуть застывший фронт работ.

И результат сказался вскоре –
Порфирий был замешан в этом.
Студентам стали Вы на горе
Оптимизации поэтом.

Работа с Вами не грозила
Спокойной жизнью и застоем.
Запараллелив каждый вид,
Похоже, мы быстрее строим.

Мы с оптимизмом экстремальным
Штурмуем ветви и границы.
Томим надеждой каждый тайной,
Что минимум его глобальнее
И никогда не повторится!

Ученики – УЧИТЕЛЮ



АССОЦИАЦИЯ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ НЕГОСУДАРСТВЕННАЯ
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ – ОБЩЕРОССИЙСКОЕ
МЕЖОТРАСЛЕВОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ РАБОТОДАТЕЛЕЙ
«НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ЧЛЕНСТВЕ ЛИЦ,
ВЫПОЛНЯЮЩИХ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ,
И САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, ОСНОВАННЫХ
НА ЧЛЕНСТВЕ ЛИЦ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОДГОТОВКУ
ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»

КООРДИНАТОР

ул. Новый Арбат, дом 21, Москва, 119019,
тел. (495) 984-21-34, факс (495) 984-21-33,
www.nopriz.ru, e-mail: info@nopriz.ru
ОКПО 42860946, ОГРН 1157700004142
ИНН/КПП 7704311291/770401001

Участникам II Международной
научно-практической конференции,
посвященной 100-летию
со дня рождения профессора
В. А. Афанасьева,
«Петербургская школа
поточной организации строительства»

Уважаемые коллеги!

От лица Национального объединения изыскателей и проектировщиков и от себя лично приветствую вас на сегодняшней конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Виктора Алексеевича Афанасьева.

На сегодняшний день строительная отрасль – локомотив многих сфер промышленности и одно из системообразующих направлений в российской экономике. Ее развитие напрямую зависит от открытия новых и совершенствования уже имеющихся технологий работы. Особенно приятно осознавать, что в научном сообществе хранят память о таких деятелях, как Виктор Алексеевич. Еще приятнее тот факт, что его дело продолжают многочисленные ученики, в том числе за пределами этих стен.

Научные труды Виктора Алексеевича в области поточной организации работ, планирования и управления строительством в свое время стали большим шагом вперед. Их колоссальное значение мы отмечаем и по сей день. Ведь в умелой и правильной организации заложена основа максимально эффективной работы проектировщиков, архитекторов, строителей и всех тех, кто участвует в этом трудоемком процессе. Именно для поддержания этой тенденции так важно обмениваться опытом с коллегами и передавать его будущим поколениям. И я надеюсь, что сегодня каждый из нас почерпнет для себя что-то новое и интересное. Желаю всем участникам интересной дискуссии и плодотворной работы.

С уважением,
врио Координатора НОПРИЗ по СЗФО

А. Н. Вихров

УДК 519.2:69.003

Юрий Борисович Калугин,
д-р техн. наук, профессор
Роман Станиславович Романов,
канд. техн. наук, преподаватель
(Военный институт (железнодорожных войск
и военных сообщений) Военной академии
материально-технического обеспечения
им. генерала армии А. В. Хрулева)
E-mail: yuri_kalugin@inbox.ru,
sluzba2013@mail.ru

Yuri Borisovich Kalugin,
Dr. Sci. Tech., Professor
Roman Stanislavovich Romanov,
PhD in Sci. Tech., lecturer
(Military Institute (Railway Troops and Military
Communications) of the Military Academy
of Logistics named after Army
General A. V. Khrulev)
E-mail: yuri_kalugin@inbox.ru,
sluzba2013@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

FEATURES OF OPTIMIZATION OF THE FLOW WORKS OF THE STOCHASTIC TIME PARAMETERS

В статье описывается влияние вероятностных значений продолжительностей работ на результаты комбинаторной оптимизации индивидуально-поточной организации работ.

Ключевые слова: поточная организация работ, комбинаторная оптимизация, дестабилизирующие факторы, вероятностные параметры работ.

The article describes the influence of probabilistic values of the duration of work on the results of combinatorial optimization of individual-flow organization of work.

Keywords: flow-works organization, combinatorial optimization, destabilizing factors, probabilistic parameters of works.

Введение. Формирование календарных планов минимальной продолжительности при выполнении работ поточным методом предусматривает определение оптимальной последовательности включения объектов в поток. Для достижения этой цели существует ряд различных методов и подходов, которые в основе своей используют детерминированные оценки продолжительности работ [1, 2, 3, 4].

Вместе с тем, последние исследования в области календарного планирования отмечают стохастическую природу производительности строительно-восстановительных технологических процессов, вследствие воздействия дестабилизирующих факторов [5, 6], а, следовательно, и вероятностный характер продолжительности отдельных работ [7].

Тогда, задача определения сроков свершения совместных событий параллельных работ календарного плана, также становится вероятностной. В этих условиях особый интерес вызывает влияние вероятностного характера расписания на степень его «сжатия» в процессе комбинаторной оптимизации.

Модели и методы. Решение поставленной задачи может быть реализована с помощью следующего подхода, учитывающего вероятностную природу продолжительностей работ, который заключается в определении n равновероятных значений продолжительности выполнения каждой работы и дальнейшей последовательной парной композиции n равновероятных сроков ее раннего окончания с n равновероятными сроками раннего окончания другой, при выборе максимальных в каждой композиции [8].

Ниже представлен пример индивидуально-поточной организации работ без учета ограничений ресурсно-объектных связей (с организацией работ по методу критического пути) (рис. 1).

$j \backslash i$		Виды работ (команды)			
		1	2	3	4
Объекты (захватки)	1	0 ② 2	2 ③ 5	5 ④ 9	9 ① 10
	2	2 ② 4	① ② 7	② ③ 12	12 ④ 16
	3	4 ⑤ 9	② ④ 13	① ⑤ 18	18 ② 19
	4	9 ② 11	② ① 14	④ ④ 22	22 ③ ① 23
	5	11 ① 12	② ③ 17	⑤ ② 24	24 ② 26

$$K_{из} = \frac{\sum t_{ij}}{\sum t_{ij} + t_{оиз}} = \frac{52}{79} = 0,66$$

Рис. 1. Первоначальная матрица потока

Детерминированные значения продолжительностей работ, записанные в клетках матрицы, соответствуют математическим ожиданиям продолжительностей работ с вероятностными временными параметрами. Для их определения использовалось усеченное нормальное распределение, которое представлено следующим рядом из 12 равновероятных значений продолжительности при математическом ожидании, равном 1 [8]: 0,558; 0,581; 0,617; 0,648; 0,696; 0,738; 0,808; 0,925; 1,014; 1,214; 1,61; 2,594.

Расчет вероятностных значений производился на основе разработанной имитационной модели с помощью соответствующего сетевого графика (рис. 2) и программы расчета (рис. 3).

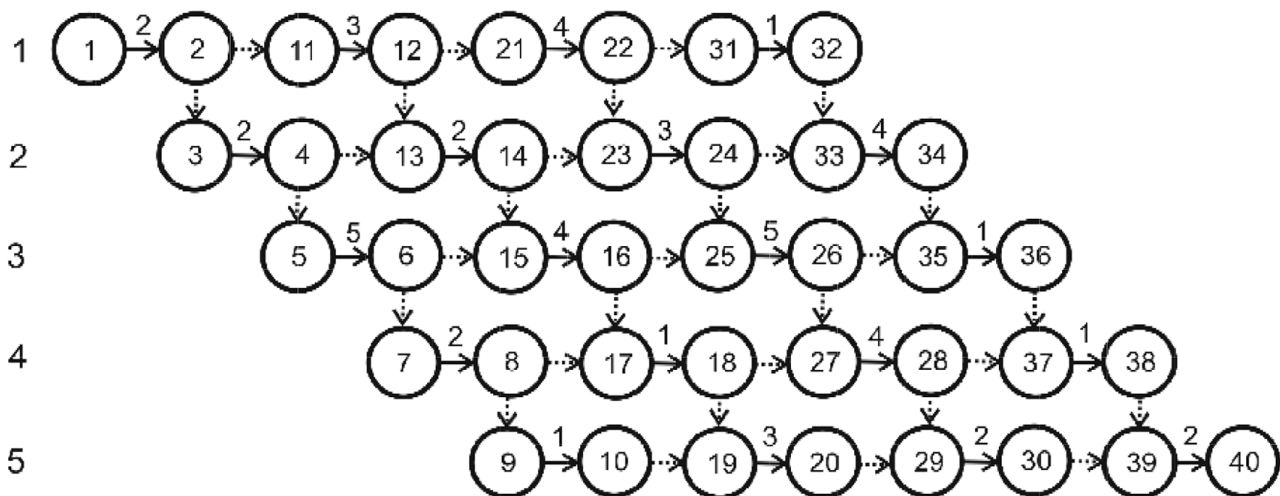


Рис. 2. Первоначальная сетевая модель

Кол-во итераций для распр.:			1000				Общая длит.:				0				28,1709				Построй							
Заполнить			Варианты длительностей																							
Нач.соб	Кон.соб	Длит	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12												
3	4		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12												
5	6		12,97	8,05	6,07	5,07	4,63	4,04	3,69	3,48	3,24	3,09	2,91	2,79												
7	8		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12												
9	10		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,81	0,74	0,70	0,65	0,62	0,58	0,56												
11	12		7,78	4,83	3,64	3,04	2,78	2,42	2,21	2,09	1,94	1,85	1,74	1,67												
13	14		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12												
15	16		10,38	6,44	4,86	4,06	3,70	3,23	2,95	2,78	2,59	2,47	2,32	2,23												
17	18		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,81	0,74	0,70	0,65	0,62	0,58	0,56												
19	20		7,78	4,83	3,64	3,04	2,78	2,42	2,21	2,09	1,94	1,85	1,74	1,67												
21	22		10,4	6,44	4,86	4,06	3,7	3,232	2,95	2,784	2,592	2,47	2,32	2,23												
23	24		7,78	4,83	3,64	3,04	2,78	2,424	2,21	2,088	1,944	1,85	1,74	1,67												
25	26		13	8,05	6,07	5,07	4,63	4,04	3,69	3,48	3,24	3,09	2,91	2,79												
27	28		10,4	6,44	4,86	4,06	3,7	3,232	2,95	2,784	2,592	2,47	2,32	2,23												
29	30		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,616	1,48	1,392	1,296	1,23	1,16	1,12												
31	32		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,808	0,74	0,696	0,648	0,62	0,58	0,56												
33	34		10,4	6,44	4,86	4,06	3,7	3,232	2,95	2,784	2,592	2,47	2,32	2,23												
35	36		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,808	0,74	0,696	0,648	0,62	0,58	0,56												
37	38		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,808	0,74	0,696	0,648	0,62	0,58	0,56												
39	40		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,616	1,48	1,392	1,296	1,23	1,16	1,12												
2	3																									

Рис. 3. Исходные данные и результаты расчета вероятностных параметров первоначальной сетевой модели

Выполненные расчеты показывают, что с вероятностью $P(t) = 0,5$ продолжительность выполнения всех работ не превысит 28, 17.

Для оптимальной последовательности (4-5-2-1-3) (рис. 4) также были выполнены соответствующие расчеты (рис. 5, 6, 7).

$j \backslash i$		Виды работ (команды)			
		1	2	3	4
Объекты (захватки)	4	0 2	2 1	3 4	7 1
	5	2 1	3 3	7 2	9 2
	2	3 2	6 2	9 3	12 4
	1	5 2	8 3	12 4	16 1
	3	7 5	12 4	16 5	21 1

$$K_{opt} = \frac{\sum t_{ij}}{\sum t_{ij} + t_{опс}} = \frac{52}{64} = 0,81$$

Рис. 4. Оптимизированная матрица потока

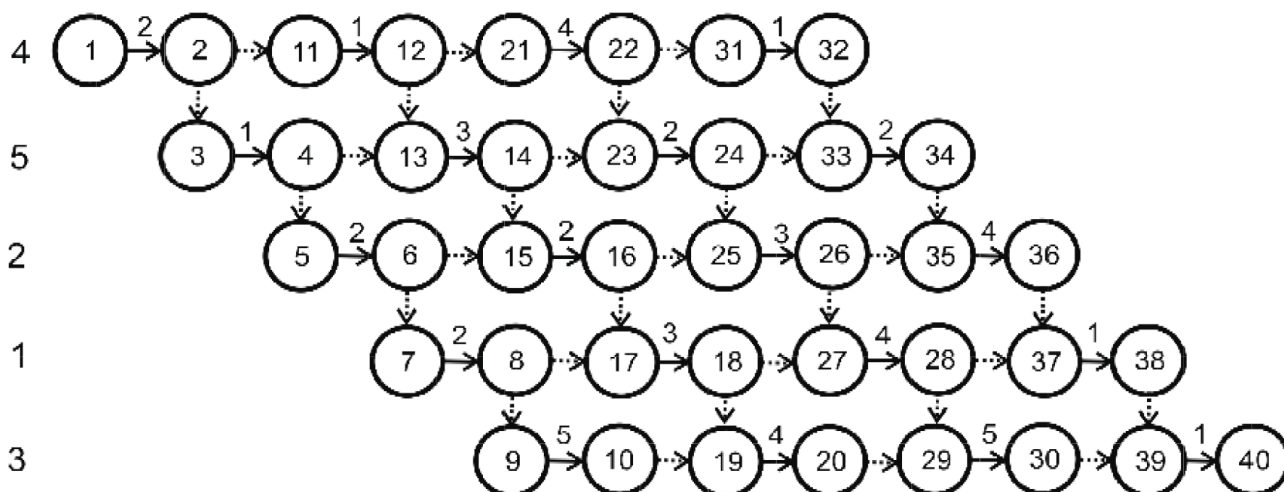


Рис. 5. Оптимизированная сетевая модель

Они показали, что с вероятностью $P(t)=0,5$ продолжительность выполнения всех работ не превысит 25,62.

Кол-во итераций для распр.:			1000		Общая длит.:		0		25,6157		Построй			
Заполнить			Варианты длительностей											
Нач.соб	Кон.соб	Длит	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12
3	4		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,81	0,74	0,70	0,65	0,62	0,58	0,56
5	6		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12
7	8		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12
9	10		12,97	8,05	6,07	5,07	4,63	4,04	3,69	3,48	3,24	3,09	2,91	2,79
11	12		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,81	0,74	0,70	0,65	0,62	0,58	0,56
13	14		7,78	4,83	3,64	3,04	2,78	2,42	2,21	2,09	1,94	1,85	1,74	1,67
15	16		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,62	1,48	1,39	1,30	1,23	1,16	1,12
17	18		7,78	4,83	3,64	3,04	2,78	2,42	2,21	2,09	1,94	1,85	1,74	1,67
19	20		10,38	6,44	4,86	4,06	3,70	3,23	2,95	2,78	2,59	2,47	2,32	2,23
21	22		10,4	6,44	4,86	4,06	3,7	3,232	2,95	2,784	2,592	2,47	2,32	2,23
23	24		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,616	1,48	1,392	1,296	1,23	1,16	1,12
25	26		7,78	4,83	3,64	3,04	2,78	2,424	2,21	2,088	1,944	1,85	1,74	1,67
27	28		10,4	6,44	4,86	4,06	3,7	3,232	2,95	2,784	2,592	2,47	2,32	2,23
29	30		13	8,05	6,07	5,07	4,63	4,04	3,69	3,48	3,24	3,09	2,91	2,79
31	32		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,808	0,74	0,696	0,648	0,62	0,58	0,56
33	34		5,19	3,22	2,43	2,03	1,85	1,616	1,48	1,392	1,296	1,23	1,16	1,12
35	36		10,4	6,44	4,86	4,06	3,7	3,232	2,95	2,784	2,592	2,47	2,32	2,23
37	38		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,808	0,74	0,696	0,648	0,62	0,58	0,56
39	40		2,59	1,61	1,21	1,01	0,93	0,808	0,74	0,696	0,648	0,62	0,58	0,56

Рис. 6. Исходные данные и результаты расчета вероятностных параметров оптимизированной сетевой модели

Полученные результаты. Итоговые распределения и результаты расчетов продолжительности выполнения комплекса работ представлены на рис. 7, 8 и в таблице.

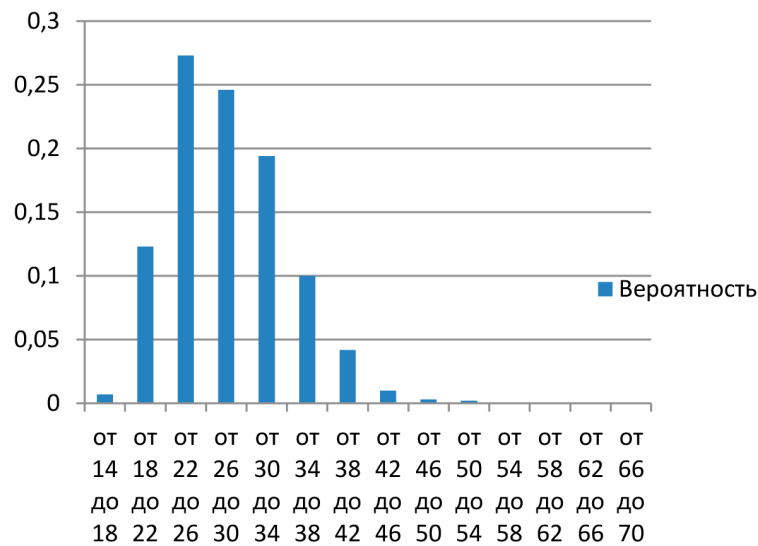


Рис. 7. Распределение продолжительности комплекса работ при первоначальной последовательности

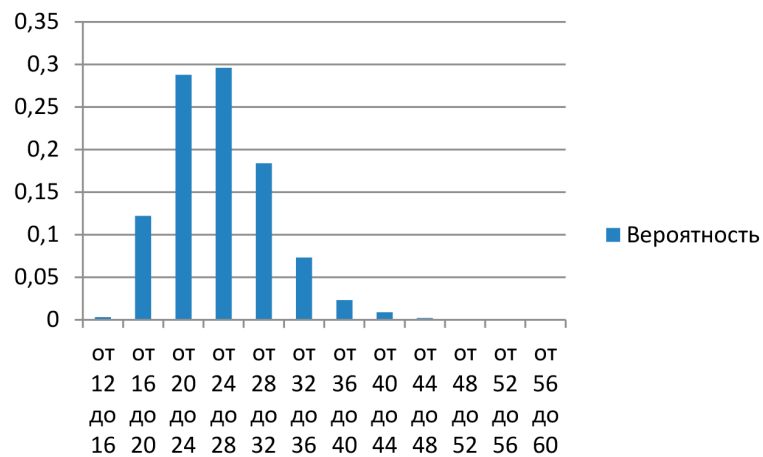


Рис. 8. Распределение продолжительности комплекса работ при оптимальной последовательности

Их анализ позволяет сделать выводы о существенном влиянии вероятностных параметров на общую продолжительность работ.

Результаты расчета графиков с детерминированными и вероятностными оценками

Последовательность	Расчет с детерминированными оценками	Расчет с вероятностными оценками $P(t) = 0,5$	
		T^B	$T^B - T^L$
1-2-3-4-5	$T^L = 26$	$T^B = 28,17$	$T^B - T^L = 2,17$ (8 %)
4-5-2-1-3	$T_{\text{опт}}^L = 22$	$T_{\text{опт}}^B = 25,62$	$T_{\text{опт}}^B - T_{\text{опт}}^L = 3,62$ (16 %)
	$T^L - T_{\text{опт}}^L = 4$ (15 %)	$T^B - T_{\text{опт}}^B = 2,55$ (9 %)	

Выводы:

1. Комбинаторная оптимизация поточной организации работ на стадии формирования календарных планов и программ с использованием детерминированных временных оценок позволяет сократить планируемую продолжительность до 15 %.

2. Использование вероятностных временных параметров работ (даже с математическим ожиданием, равном продолжительности отдельной работы), существенно увеличивает продолжительность комплекса работ в сравнении с детерминированной. Так, для первоначального расписания это увеличение составило 8 %, а для оптимизированного 16 % (при $P(t)=0,5$).

3. Это связано с увеличением плотности оптимизированного потока и, как следствие с увеличением влияния вероятных сроков окончания отдельных работ расписания на сроки начал следующих.

4. В этих условиях (вероятностных временных параметров) эффективность поиска оптимальной последовательности включения объектов в поток в целях сокращения сроков снижается (с 15 % до 9 % при $P(t)=0,5$).

5. Хотя эти факты и несколько снижают эффективность комбинаторной оптимизации, они не отменяют ее необходимость на стадии формирования календарных планов и программ, причем в качестве детерминированных оценок продолжительностей отдельных работ следует использовать значения их математических ожиданий.

Литература

1. *Калугин Ю. Б.* Обоснование способов восстановления верхнего строения пути / Ю. Б. Калугин, Ю. А. Спильник, Д. Н. Тимошенко // Специальная техника и технологии транспорта. 2021. № 10. С. 21–32. EDN RQTUBR.

2. *Калугин Ю. Б.* Задача распределения участков (объектов) по подразделениям (способам организации восстановления) / Ю. Б. Калугин, Ю. А. Спильник // Специальная техника и технологии транспорта. 2021. № 11. С. 83–90. EDN VIPCZH.

3. *Калугин Ю. Б.* Оценка организационно-технологических схем восстановления верхнего строения пути на переездах / Ю. Б. Калугин // Специальная техника и технологии транспорта. 2020. № 7 (45). С. 58–63. EDN UBTRQR.

4. *Kalugin Yu. B.* Scheduling workflows for scattered objects / Yu. B. Kalugin, R. S. Romanov // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 8(84). P. 29–40. DOI 10.18720/MCE.84.3. EDN CUGTZH.

5. *Калугин Ю. Б.* Расчет календарных планов работ с вероятностными временными параметрами / Ю. Б. Калугин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 10(634). С. 51–59. EDN PATFXH.

6. *Калугин Ю. Б.* Расчет вероятностных параметров параллельных работ / Ю. Б. Калугин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 6(618). С. 35–42. EDN OZIAOX.

7. *Калугин Ю. Б.* Вероятностная структура строительного потока / Ю. Б. Калугин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 7 (619). С. 36–43. EDN OZIBCT.

8. *Калугин Ю. Б.* Универсальный метод оценки сроков выполнения проекта с вероятностными временными параметрами / Ю. Б. Калугин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 1(673). С. 44–52. EDN TNVTSJ.

УДК 69.051

Александр Алексеевич Руденко,
д-р экон. наук, канд. техн. наук, профессор
Ахмед Абдул Руда Ауда Аль-Мсари,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: rudenkoa.a@mail.ru,
ahmed4_33@rambler.ru

Alexandr Alekseyvich Rudenko,
Dr. Sci. Ec., PhD in Sci. Tech., Professor
Ahmed Abdul Ruda Awda Al-Msari,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: rudenkoa.a@mail.ru,
ahmed4_33@rambler.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ В ПОВЫШЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

METHODOLOGICAL CONTRADICTIONS IN IMPROVING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY IN CONSTRUCTION

Строительные проекты, планы строительства, а также сами строительные-монтажные работы нередко подвергаются справедливой критике со стороны практиков. Такая критика часто связана с тем, что расчетная себестоимость и длительность СМР не учитывает специфику реальных условий и факторов среды производства, что снижает организационно-технологическую надежность строительства. В статье рассматриваются вопросы оценки интенсивности (производительности) труда, наиболее реалистично учитывающие фактические условия строительного-монтажных работ. Применение классических методов теории вероятностей упрощает процедуру сбора справочной информации, и в ряде случаев позволяет использовать результаты численного эксперимента. Результатом исследования является авторский метод оценки количественного значения уровня организационно-технологической надежности с учетом совмещения ручного и механизированного труда.

Ключевые слова: строительство, организационно-технологическая надежность, организация строительства, методы организации строительного-монтажных работ.

Construction projects, construction plans, as well as the construction and installation work themselves are often criticized by practitioners. Such criticism is often due to the fact that the estimated cost and duration of SMR does not take into account the specifics of the real conditions and factors of the production environment, which reduces the organizational and technological reliability of construction. The article discusses the issues of assessing the intensity (performance) of labor, most realistically taking into account the facts of construction and installation works. The use of classical methods of probability theory simplifies the procedure for collecting reference information and, in some cases, allows you to use the results of a numerical experiment. The result of the study is the author's method for assessing the quantitative value of the level of organizational and technological reliability, taking into account the combination of manual and mechanized labor.

Keywords: construction, organizational and technological reliability, organization of construction, methods of organizing construction and installation works.

Введение. В процессе строительства зданий и сооружений перед строительными организациями стоит главная цель – повышение качества готового продукта при одновременном уменьшении затрат на ресурсообеспечение при любых неблагоприятных изменениях внешней и внутренней среды организации. В этой связи, задача по обеспечению организационно-технологической надежности строительства является одной из приоритетных.

Понятие организационно-технологической надежности строительства обширное и включает в себя решения технического, организационного, технологического, экономического, управленческого, социального, природно-климатического характера, начиная с разработки проектной документации, заканчивая вводом объекта в эксплуатацию, для реализации строительного проекта по заданным параметрам в установленные сроки [1].

Материалы и методы. В практике организационно-технологического проектирования расчетные значения стоимости и продолжительности строительства очень часто расходятся с фактической стоимостью единицы строительной продукции, а также сроками ввода объектов в эксплуатацию. За прошедшие 50 лет не прекращались попытки повысить уровень надежности по срокам и стоимости строительства, в том числе за счет применения индекса организационно-технологической надежности (ОТН) проектных показателей. В последние годы разработано множество подходов к расчету количественных значений ОТН. С точки зрения автора, степень надежности, полученная при проектировании организационно-технологических решений, не всегда обеспечивает требуемую точность.

Множество авторов публикаций, в том числе и вошедших в данную работу, под организационно-технологической надежностью понимают достаточно исчерпывающее, ставшее классическим определение, данное одним из основоположников инженерной мысли в строительстве А. А. Гусаковым [5]. Важно подчеркнуть, что понятие организационно-технологической надежности в публикациях достаточно широко распространено. Результаты изучения при этом данного показателя в различных областях, в том числе при проектировании, создании строительных изделий и зданий, позволяют объединить применение ОТН в три группы: проектирование строительных конструкций; эксплуатация машин, механизмов и технологического оборудования; строительно-монтажные работы вручную.

По теории надежности, отказ – это событие, при котором происходит частичное или полное нарушение работоспособности всего объекта или его части. При строительстве объектов отказы происходят при воздействии случайных факторов. При анализе причин отказов в строительстве будем брать во внимание их случайный или систематический характер. Случайную причину работник может устранить на строительной площадке самостоятельно без остановки производственного процесса. Систематическую причину устранить возможно только при остановке строительного процесса. Большинство отказов в строительстве относятся к случайным [2].

Организационно-технологическая работа строительного производства – это система, которую характеризует вероятность наступления отказа. Противоположное этому событию – безотказность работы системы. В общем случае, сумма вероятности их наступления равна 1.

Подводя промежуточный итог, представляется возможным отметить, что для оценки технической надежности (готовности или наработки на отказ) используются характеристики эксплуатационной надежности, среди которых наиболее часто встречаются: наработка на отказ, вероятность отказа, межремонтный ресурс узлов и агрегатов, коэффициенты готовности, техническое использование.

Кроме того, технические системы в большинстве случаев относятся к той категории систем, в которых создание резервов, обеспечивающих заданный уровень надежности, очень сложно, а если и возможно, то достаточно дорого. В отличие от технических систем, организационно-технологические решения строительства зданий и вооружений представляют собой взаимодействие человека и механизации. Это взаимодействие носит стохастический характер, что «совершенно не учитывается ни организационно-технологической документацией, ни существующей нормативно-справочной базой (строительными нормами и т. п.) [6]. Эти методы оценки вероятностного характера интенсивности строительно-монтажных работ либо трудоемки и требуют специальной подготовки, либо не обеспечивают требуемой точности расчетов.

Методы повышения организационно-технологической надежности определялись как актуальное направление в строительстве с 80-х годов XX века. Среди предложенных методов были такие, как использование единых норм и расценок и правила проектирования

организации строительства, устранение причин отказов, разработка организационно-технологической документации для уменьшения сроков строительства.

В настоящее время предложены различные методы повышения организационно-технологической надежности. К ним можно отнести применение нормативов, учитывающих территориальное деление территории, на которой происходит строительство (данный метод уходит в прошлое, т. к. нормативы в некоторых регионах страны решено было не использовать и перейти на федеральные нормативы). К более современным методам можно отнести использование логистики, внедрение системы управления качеством, управление рисками, разработку имитационных моделей, имитирующих процесс строительства в цифровом виде с построением графиков продолжительности строительства, затрат труда, а также расчетом уровня организационно-технологической надежности [3].

В данной работе рассматриваются классические методы теории вероятностей, предполагая наиболее вероятные результаты наблюдений, а если такие измерения невозможны (или затруднительны), рекомендуются методы численного эксперимента. Кривая кумулятивной вероятности (кумулятивная кривая) выполняется с помощью стандартных методов теории вероятностей, исходя из условия не больше (или меньше) заданного (технического или нормативного) значения. Для выборки исходных значений, описывающих поведение процесса, предлагается проводить поле.

Различия надежности функционирования технических систем и организационно-технологических решений строительства обращают внимание на особенности последовательности выполнения строительно-монтажных работ. По степени вовлеченности технических систем в процессы возведения строительных конструкций следует выделить три группы:

- к первой группе относятся работы, которые механизированы (например, общеземельные, выполняемые большей частью манипуляторами: бульдозерами, скреперами, экскаваторами);
- ко второй следует отнести процессы, связанные с взаимодействием людей и ведущих машин, где невозможно выполнение работ при отсутствии хотя бы одной из частей (например, монтаж сборных железобетонных конструкций: взаимодействие подъемного механизма и монтажников, или процесс бетонирования, где взаимодействуют ведущая машина – бетоноукладчик и звено бетонщиков);
- третья группа работ, выполняется без буквального применения средств механизации, (каменные работы, установка перегородок из гипсокартона, установка арматурного каркаса и т. п.), и с применением ручного электроинструмента.

Расчет надежности функционирования процессов, отнесенных к первой группе, определяется временем безотказной работы манипуляторов (технических систем) и регламентируется действующими нормативными документами ГОСТ Р 51901.5-2005. Производительность средств механизации в этом случае зависит от квалификации водителя (оператора), управляющего автомобилем, а также рациональности формирования комплекса машин (типа экскаватор – автомобиль-самосвал).

Для организационно-технологических решений, относящихся ко второй группе, приходится решать задачу определения рационального соотношения количества рабочих в цепи, необходимого для обеспечения бесперебойной работы мастера на основе действующих государственных элементно-сметных норм строительных работ (ГЭСН). В качестве примера приведем расчет численности рабочих в привязке к организационно-технологическим решениям, представляющим собой взаимодействие людей и основной машины (крана и бетононасоса), которая используется при укладке бетонной смеси в перекрытие. Результаты расчетов приведены в таблице.

**Трудозатраты и время ведущих машин на устройство плит перекрытий
в мелкощитовой опалубке (бетонная смесь) на 10 м² конструкции перекрытия (SEES 06-01-103)**

№	Таблица SEES	Затраты времени на основную машину mash.h.	Стоимость труда, чел.	Расчетное количество рабочих в звене, чел.
Бетонная смесь, кран башенный, грузоподъемностью 8 тонн.				
1	06-01-103-1	1,79	20,35	11,37
2	06-01-103-2	1,90	20,35	10,71
3	06-01-103-3	2,02	20,83	10,31
4	06-01-103-4	2,14	21,06	9,84
Бетонная смесь, бетон производительностью 65 м ³ /ч.				
5	06-01-103-5	0,81	20,01	24,70
6	06-01-103-6	0,93	20,01	21,52
7	06-01-103-7	1,16	20,47	17,65
8	06-01-103-8	1,28	20,71	16,18

Не требует доказывания методика расчета количества рабочих, необходимых для укладки бетонных смесей с заданной интенсивностью (производительностью):

$$N_R = \frac{R}{R_M} \quad (1)$$

где N_R – количество рабочих в бригаде (бригаде), чел. (графа 5 табл. 1); R – затраты труда, установленные нормативом на выполнение единицы объема работы, чел/ч (графа 4 табл. 1); R_M – временные затраты основных технологических машин, установленные нормативом соответствия единице объема работы, маш. ч (столбец 3, табл. 1).

Различные значения количества рабочих (столбец 5, табл. 1) не являются целыми числами. В связи с этим инженеру-технологу для расчета продолжительности работ необходимо установить значение интенсивности производства для обеспечения организационно-технологических решений укладки бетонных смесей. Очевидно, что брать количество рабочих в части, отличной от целочисленной величины, противоречит здравому смыслу. В связи с этим для практических расчетов автор использует выражение:

$$WI = \frac{N_R}{R} - W_M \begin{cases} > 0 \rightarrow WI = W_M \\ < 0 \rightarrow WI = \frac{N_R}{R} \end{cases} \quad (2)$$

где WI – интенсивность (мощность) производственной работы при заданных организационно-технологических решениях; W_M – выполнение основной машины организационно-технологического процесса, связанного с взаимодействием людей, средств механизации строительно-монтажных работ (производительность основной машины связана с простоем машины, необходимой для выполнения отдельного объема работ).

Изучение выражения 2 для расчета интенсивности строительно-монтажных работ при функционировании организационно-технологических решений, представляющих собой взаимодействие машин и рабочих, позволяет сделать простой вывод о наличии резерва

производственных мощностей. Резерв является результатом округления в большую или меньшую сторону числа рабочих в бригаде.

Полученные результаты. Организационно-технологическая надежность строительных работ, выполняемых вручную, в большинстве случаев исключает расчет технической надежности средств механизации, используемых в качестве ведущего процесса. Однако дестабилизирующие факторы превращают технологию возведения строительных конструкций в стохастические процессы. Эти методы оценки достоверности, как правило, очень трудоемки, а их практическое использование требует специальной подготовки в области теории вероятностей и математической статистики. По мнению автора, упростить оценку вероятности выполнения работ в срок можно при условии соблюдения расчетных методик по отношению к массиву величин, характеризующих меру производительности труда за определенный период времени.

Накопление информации о выполнении работ, описывающих строительные процессы, выполняемые вручную, может занять от нескольких дней до нескольких месяцев. Например, при мониторинге производительности в час для накопления массива из 100 значений достаточно 13 смен. Важно подчеркнуть, что при оценке производительности труда необходимо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие неравномерность интенсивности труда за смену (учитывающие например, производительность за час до обеденного перерыва или после, что часто ниже стандартной на 25–35 % и т. д.).

Практическое применение показателя «организационно-технологическая надежность» предполагает решение задач, правильно сгруппированных в две группы. Первая группа – задачи нахождения достоверности (обоснованности) количественных значений показателей, характеризующих процесс функционирования технологического процесса в строительстве (как правило, производительность или интенсивность производственных работ). Ко второй группе относятся задачи, которые принято называть обратными, то есть для заданного уровня достоверности (надежности) должно быть определено количественное значение показателя. С точки зрения автора, наибольшее значение в практике строительства объектов гражданского и промышленного назначения имеет повышенная интенсивность (производительность) труда. Решение прямой и обратной задачи целесообразно изобразить на графике (рис. 1 а, б).

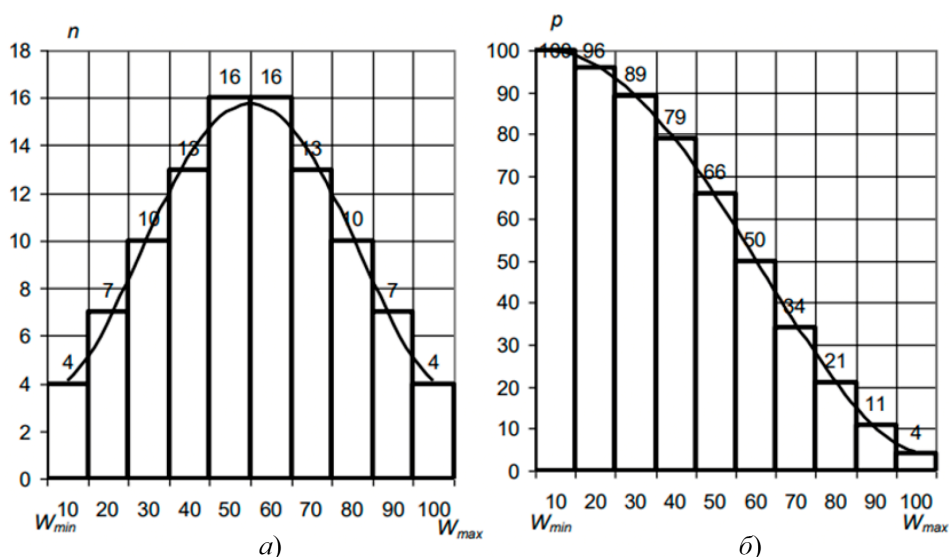


Рис. 1. График функций случайных величин W :
 а – плотность распределения; б – кривая кумулятивных вероятностей

На диаграмме (рис. 1 *a, б*) по оси абсцисс показано изменение интенсивности производительной работы ($WI_{max} > WI > WI_{min}$) в процентах. По оси ординат графика функции плотности вероятности (рис. 1 *a*) показано количество значений из множества значений $WI(N)$, находящихся в соответствующем интервале (диапазон площади от 0 до 100 %). Ордината кривой кумулятивной вероятности (рис. 1, *б*) – показывает изменение вероятностей в зависимости от величины интенсивности производства (WI).

С позиций классической концепции теории вероятностей вероятность каждого из значений, составляющих множество значений $WI(N)$, равна $p = 0,01$ (при числе значений в выборке $N = 100$). Однако при рассмотрении вероятностей каждого из интервалов очевидно, что наибольшая вероятность интервала 0,4 и равна $p = 0,16$ (см. рис. 1, *a*).

На практике при расчете продолжительности строительных работ особого интереса не представляет значение вероятности каждого элемента выборки и даже каждого интервала в отдельности. Собственно, действительно важно определить вероятность того, что интенсивность производственных работ не будет ниже расчетных (или заданных проектных) значений [7]. Для достижения этой цели идеально использовать кривую кумулятивной вероятности (рис. 1, *б*).

Практическое определение интенсивности производства в отдельном технологическом процессе (например, при бетонировании фундамента) осуществляется автором на основе заданного уровня организационно-технологической надежности. Указанный уровень большей частью принимается равным $R = 0,8$. Правомерность такого подхода подтверждается опубликованными результатами исследования Молодецкого В. Р. [10].

Авторский подход заключается в том, что вместо интервала значений интенсивности при расчете продолжительности производительной работы используют дискретное значение для заданного уровня вероятности. Важно подчеркнуть, что данный подход позволяет оценить вероятность деятельности (результативности) работника и не требует оценки «здоровья человека-оператора посредством профессионального отбора, обучения, мониторинга здоровья» [11].

Пока еще сохраняющийся высокий спрос на строительную продукцию, а именно объекты недвижимости, не стимулирует, а наоборот уменьшает стремления руководителей строительных организаций развивать систему менеджмента качества в организации. И, к сожалению, единственный метод повышения качества – это контроль. Но данный инструмент противоречит самой системе менеджмента качества. А один из главных принципов данной системы состоит в вовлеченности компетентного персонала на всех уровнях производства. Для решения поставленной задачи предлагаем внедрять на предприятии строительного комплекса систему менеджмента качества по принципу «сверху-вниз», от руководителей высшего звена к руководителям среднего и нижнего звена, рядовым работникам, которые объединяются в команду с общей целью. При этом организация является динамичной системой с тесными связями между отделами, сотрудниками. Они объединены общей целью – постоянное улучшение качества готовой продукции. В таких организациях наряду с анализом финансовой деятельности, должен проводиться анализ качества готовой продукции, удовлетворенность потребителя ею, мониторинг показателей деятельности.

Модель системы менеджмента качества как элемента организационно-технологической надежности строительства показана на рис. 2.

На данной модели пунктирными линиями обозначены потоки информации от потребителя к исполнителю, сплошными линиями – деятельность, добавляющая ценность. Эта модель описана в ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Добавим связь от удовлетворенности к требованиям. Получим циклический поток, при котором потребитель при удовлетворении своих

потребностей вновь обращается к данному производителю при вновь возникающей потребности в данной продукции, а производитель в свою очередь все время совершенствуют свою систему менеджмента качества.

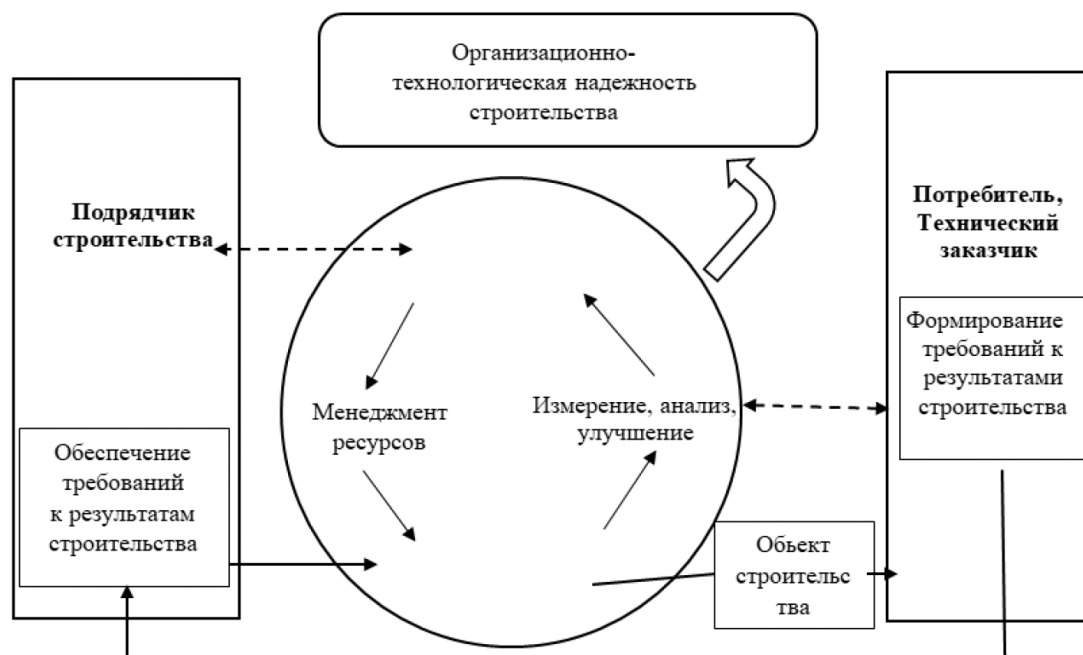


Рис. 2. Менеджмент качества как элемент организационно-технологической надежности строительства

Вывод. При определении расчетных (проектных) значений производительности и надежности строительно-монтажных работ необходимо учитывать особенности процессов возведения рассматриваемых зданий и сооружений, и в том числе учет эффективности взаимодействия работников при выполнении работ разной степени механизации и ручного труда. Для полностью механизированных процессов оценку организационно-технологической надежности целесообразно проводить с применением стандартных методов оценки технической надежности.

Для процессов выполнения работ вручную, определение расчетного значения производительности работ на заданный уровень надежности следует выполнять путем разделения совокупности значений.

К наиболее эффективной области применения описанного подхода при расчете ОТН следует отнести строительные процессы, выполняемые полностью вручную и с использованием передовых технологий механизации, при условии расчета интенсивности производственных работ по суммарной производительности.

Литература

1. Современные проблемы строительной науки, техники и технологии / Н. В. Брайла, Ю. Г. Лазарев, М. А. Романович, Т. Л. Симанкина, А. В. Улыбин; СПбПУ. СПб., 2017. 141 с.
2. Седых Ю. И. Организационно-технологическая надежность жилищно-гражданского строительства / Ю. И. Седых, В. М. Лазебник. М. : Стройиздат, 1989.
3. Побегайлов О. А., Жданов А. Н., Мохаммед Х. А. М., Погорелов В. А. Оценка организационно-технологической надежности строительства методом имитационного моделирования: Современная наука и образование: новые подходы и актуальные исследования. Материалы II Всерос. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2021. С. 81–85.
4. Система менеджмента качества строительных организаций : учеб. пособие / Н. Т. Мазаник, Б. М. Басин. 2-е изд., перераб. и доп. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. 95 с.

5. *Гусаков А. А.* Организационно-технологическая надежность строительного производства. Москва: Стройиздат. 1974. 252 с.
6. *Гинзбург А. В.* Организационно-технологическая надежность строительных систем. Вестник МГСУ. 2010. № 4. С. 251–255.
7. *Латидус А. А.* Актуальные проблемы организационно-технологического проектирования // Технология и организация строительного производства. 2013. № 3. С. 1–13.
8. *Полонски М.* Распределение продолжительности работ и анализ риска. Архитектура. 2005. Том. 4. № 2. С. 95–106.
9. *Радкевич А. В., Гуденко В. Ф., Глуценко В. М.* Анализ существующих проблем организационно-технологической надежности кровельных систем. Наука – это прогресс транспорта. 2015. № 2. С. 222–230.
10. *Голдратт Э. М.* Критическая цепь. Грейт-Баррингтон, Массачусетс: Север Ривер Пресс, 1997.
11. *Самсонкин В. Н., Каривский Ф. А., Петренко Р. Б., Петин Я. П.* Обеспечение надежности «человеческого фактора» на железнодорожном транспорте. Железнодорожный транспорт. 2014. № 4. С. 12–18.

УДК 69.003:65

Александр Васильевич Кабанов,
канд. техн. наук, доцент
(Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I)
E-mail: avkabanov07@inbox.ru

Alexander Vasilevich Kabanov,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University)
E-mail: avkabanov07@inbox.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF CONSTRUCTION FLOWS DURING THE CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF RAILWAY MARSHALLING YARDS

Рассматривается практическое применение теории строительного потока для организационно-технологического проектирования при строительстве и реконструкции железнодорожных сортировочных станций (ЖДСС). В соответствии со спецификой комплекса объектов входящих в ЖДСС, детализирована структура объектных и специализированных потоков: введены понятия попарковых, горловинных, сквозных потоков железнодорожного строительства. Определены открытые и закрытые фронты работ при строительстве и реконструкции ЖДСС. Для расчета эффективных вариантов графиков производства работ и ввода ЖДСС в эксплуатацию (скоростным, этапным методами, очередями или в объеме пускового комплекса) определена система доминирующих и подчиненных темпов строительных потоков.

Ключевые слова: железнодорожные сортировочные станции, теория строительного потока, схемы ввода в эксплуатацию, попарковые строительные потоки, погорловинные строительные потоки; сквозные строительные потоки, иерархия темпов строительных потоков, спектральные характеристики темпов строительных потоков.

The practical application of the construction flow theory for organizational and technological design in the construction and reconstruction of railway marshalling yards (ZHDSS) is considered. In accordance with the specifics of the complex of objects included in the railway, the structure of object and specialized flows is detailed: the concepts of paired, neck, through flows of railway construction are introduced. The open and closed fronts of work during the construction and reconstruction of the railway were determined. A system of dominant and subordinate rates of construction flows has been determined to calculate effective options for the schedules of work and commissioning of the railway (by high-speed, stage-by-stage methods, queues or in the volume of the start-up complex).

Keywords: railway marshalling yards, construction flow theory, commissioning schemes, park-by-park construction flows, over-the-neck construction flows, through construction flows, hierarchy of construction flow rates, spectral characteristics of construction flow rates.

Поточное строительство, с момента своего появления на отечественных стройках (30-е годы прошлого века) является эффективным инструментом повышения организационно-технологического уровня организации строительства [1; 2]. Весомый вклад в развитие и совершенствование поточного строительства внесли научные школы Будникова М. С., Гусакова А. А., Афанасьева В. А., Жинкина Г. Н., Спиридонова Э. С., Шепитько Т. В., Калугина Ю. Б. [3–9]. Развитие получила система поточного железнодорожного строительства по принципу: «железная дорога – результат реализации комплексного строительного потока».

1. СТРУКТУРА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖДСС

Совершенствование системы строительных потоков для строительства железнодорожных сортировочных станций (ЖДСС), исходя из их конструктивных особенностей, учитывает следующее:

- наличие линейных объектов (попарковое верхнее строение пути (ВСП) и инфраструктура);
- наличие линейно-площадочных объектов (ВСП по входным, межпарковым и выходным горловинам станции; здания и другие площадочные объекты);
- производство работ этапами, очередями, пусковыми комплексами;
- взаимоувязка работы субподрядных организаций с закрытыми фронтами работ;
- наличие концессионных и ГЧП договоров производства работ (рис. 1);
- различные приоритеты ввода в эксплуатацию компонентов ЖДСС;
- отсутствие современной нормативно-технической документации по организации строительства.

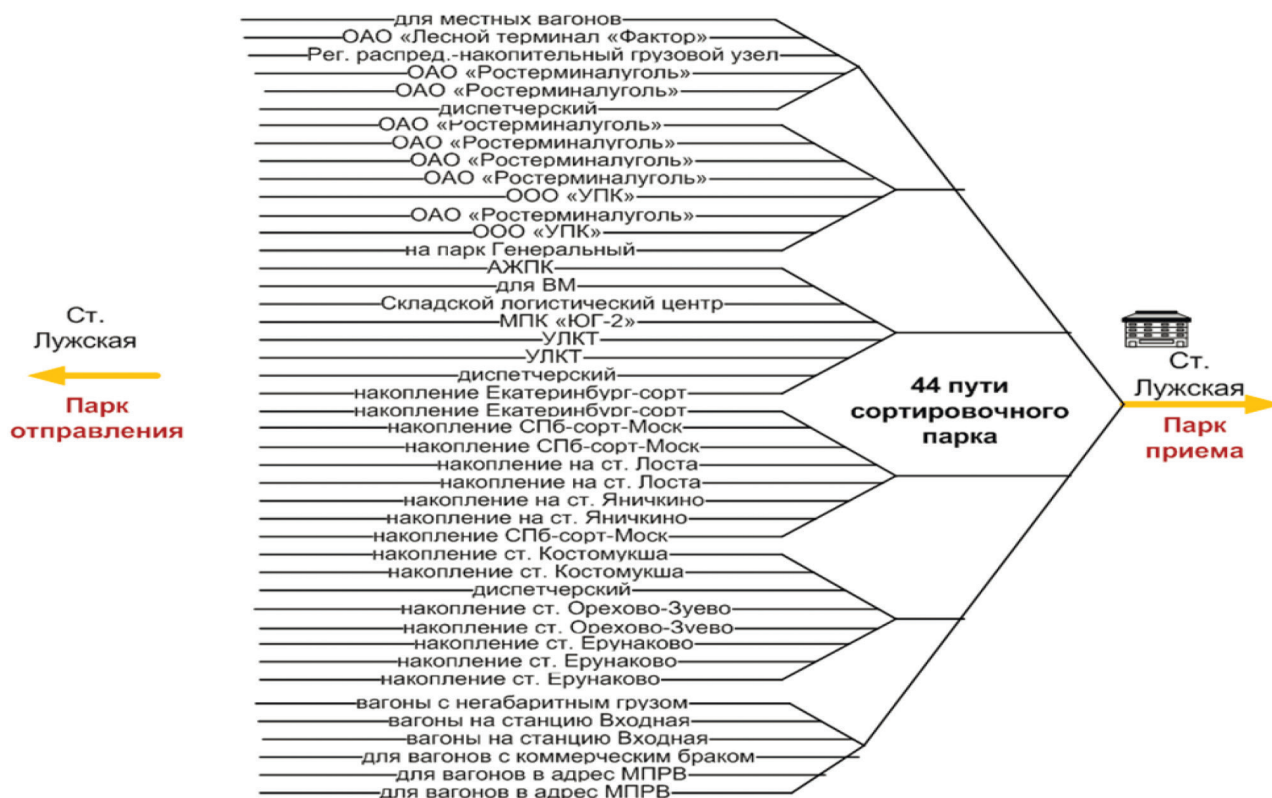


Рис. 1. Распределение объемов верхнего строения пути ЖДСС для участников реализации инвестиционного проекта по концессионным и ГЧП-договорам

Необходимо выделение фронтов работ и расчеты параметров (рис. 2):

- целевого комплексного потока, для реализации генеральной цели строительства или реконструкции ЖДСС – станции при полной технической оснащенности и наращивании полной проектной мощности;
- комплексных потоков для реализации промежуточных целей строительства или реконструкции ЖДСС, при этапной(промежуточной) технической оснащенности и этапной(промежуточной) проектной мощности, так как при производстве работ и сдаче в эксплуатацию этапами, очередями, пусковыми комплексами определяют комплексы работ на компоненты ЖДСС имеющие самостоятельную эксплуатационную готовность;
- «попарковых» строительных потоков;
- «погорловинных» строительных потоков;
- «сквозных» строительных потоков.

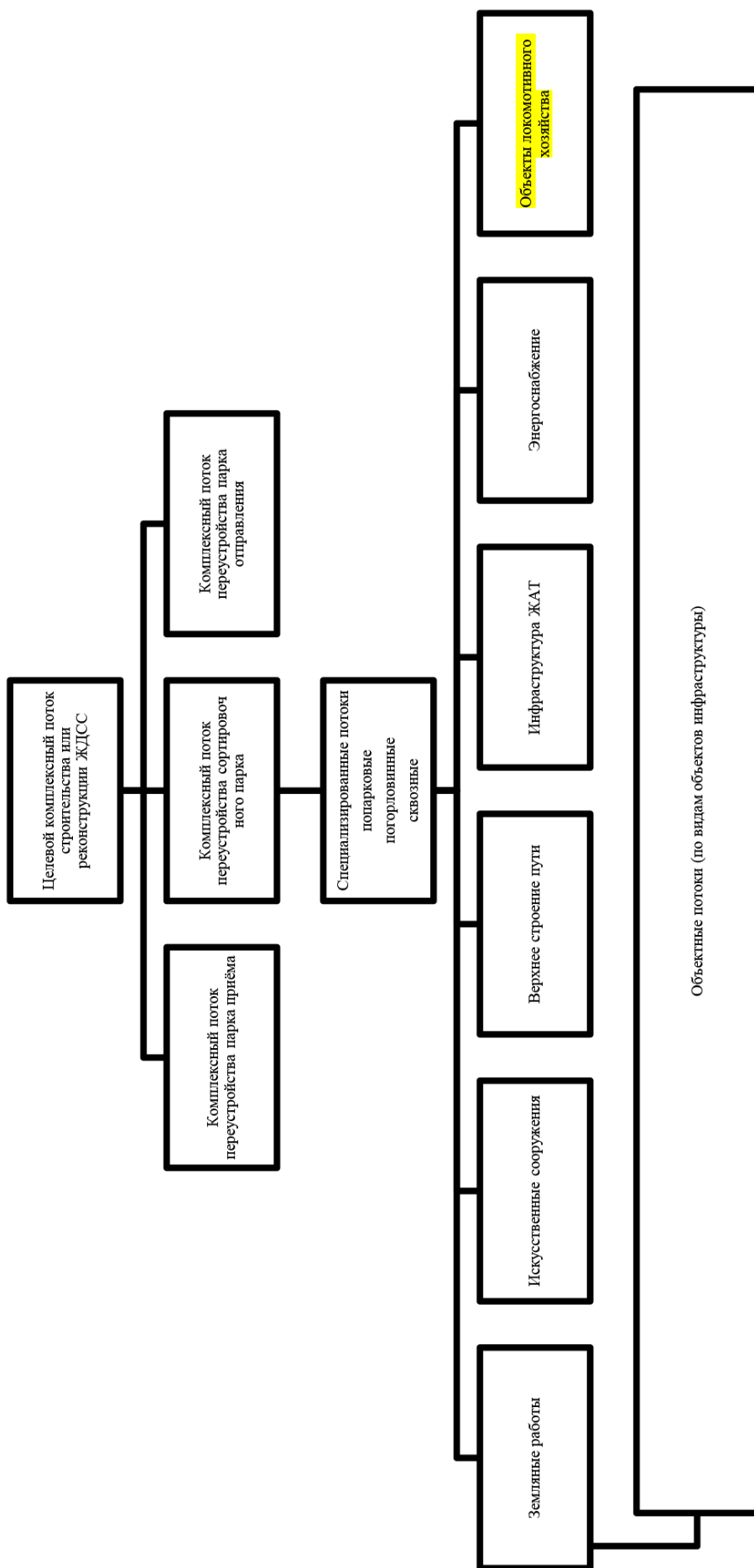


Рис. 2. Система строительных потоков строительства и реконструкции железнодорожных сортировочных станций

Для обеспечения вариативности организационно-технологических решений выделяем в общем наборе строительных потоков:

- потоки с доминирующими темпами;
- потоки с подчиненными темпами.

2. РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Компьютерный расчет рационального варианта работ для строительных потоков выполняется с использованием программного комплекса Microsoft Project и применяется на всех уровнях организационно-технологического проектирования (рис. 3).

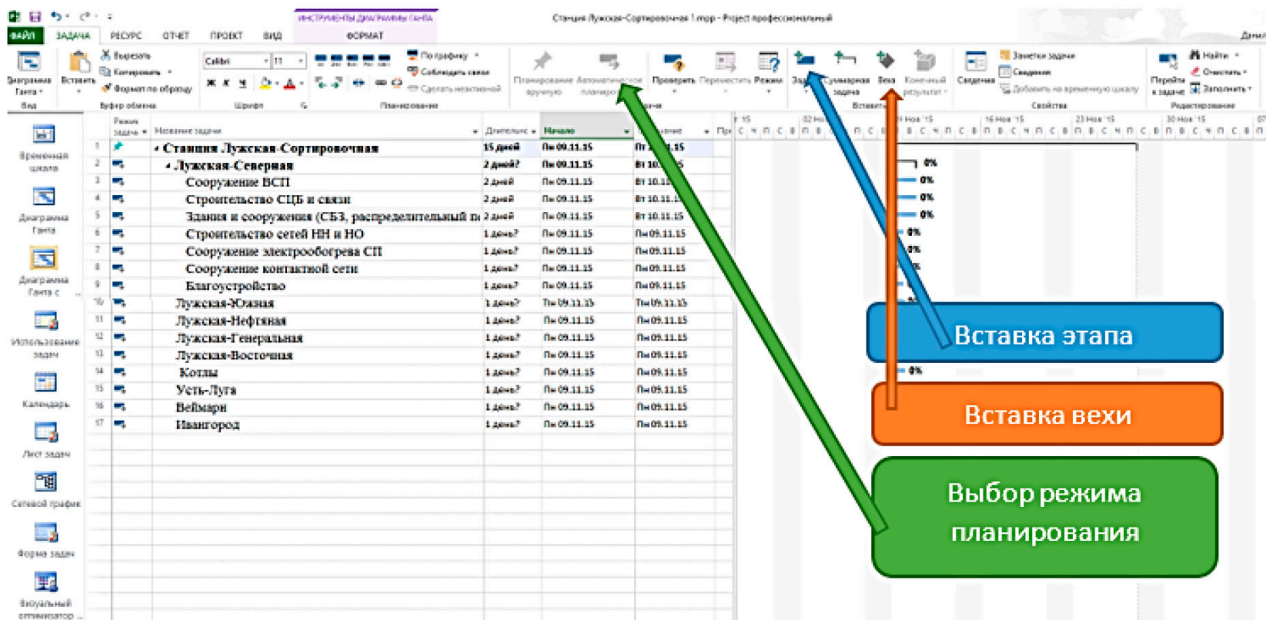


Рис. 3. Распределение объемов работ по сооружению ЖДСС по этапам и уровням календарного планирования



Рис. 4. Многоуровневая система подготовки строительства ЖДСС в тресте железнодорожного строительства

Для генподрядного треста железнодорожного строительства разработана система многовариантного проектирования организации работ (рис. 4), которая ведется за счет изменения очередности открытия фронтов строительных потоков: по паркам ЖДСС, по горловинам, по фронту работ всей станции. Разработаны программы – макросы для расчета параметров строительных потоков.

Варианты объектных потоков рассчитываются на циклограммах объектных потоков, с определением темпов потоков и сравнению их по спектральным характеристикам.

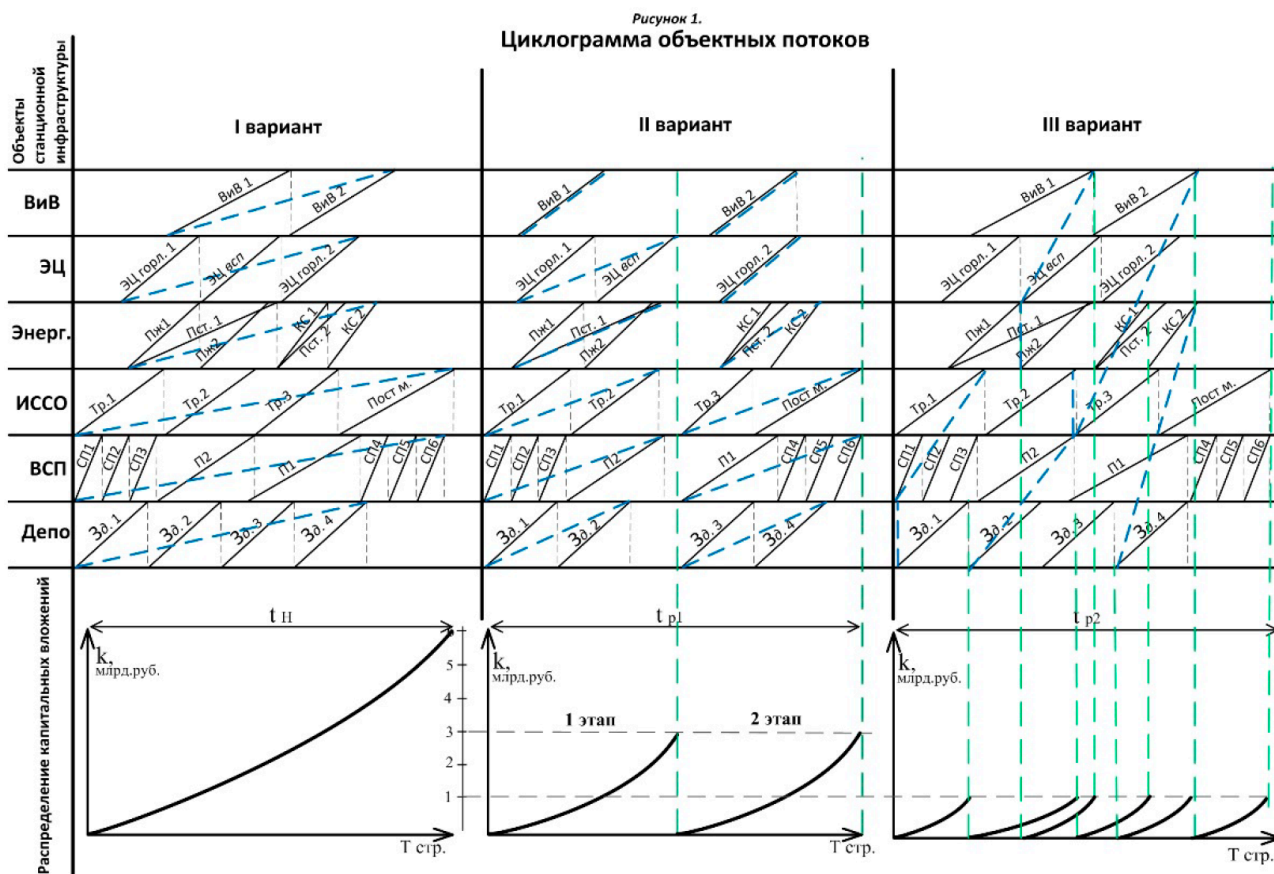


Рис. 5. Детальный расчет объектных потоков на строительство ЖДСС. Объектные потоки:

Виб – строительства станционного водоснабжения и водоотведения;

ЭЦ – монтаж устройств автоматики, электрической централизации;

Энерг – монтаж сетей и устройств энергоснабжения;

ИССО – строительство искусственных сооружений;

ВСП – укладка верхнего строения пути;

Депо – строительство зданий

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАНТОВ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОЧЕТАНИЙ ТЕМПОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ

Для разработки шкалы ранжирования темпов строительных потоков, рассчитываются спектральные характеристики темпов строительных потоков. Это позволяет разрабатывать иерархическую модель темпов строительных потоков (рис.6) для возводимого объекта и определять доминирующие и подчиненные темпы, выстраивать последовательность критических темпов и определять эффективный вариант организации работ.

В условиях непрерывного ведения работ по строительству или реконструкции ЖДСС, существенным увеличением эффективности является оптимальная очередность выделения ресурсов для развертывания тех или иных строительных потоков. При сохраняющихся технологиях, объемах и интенсивности потребления ресурсов, за счет изменения очередности

строительства объектов входящих в ЖДСС достигается сокращение общей продолжительности строительства. Принимаемый вариант организации работ соответствует сочетанию «критических» доминирующих темпов потоков, что позволяет эффективно использовать привлекаемые ресурсы, за счет увеличения периода установившегося потока.

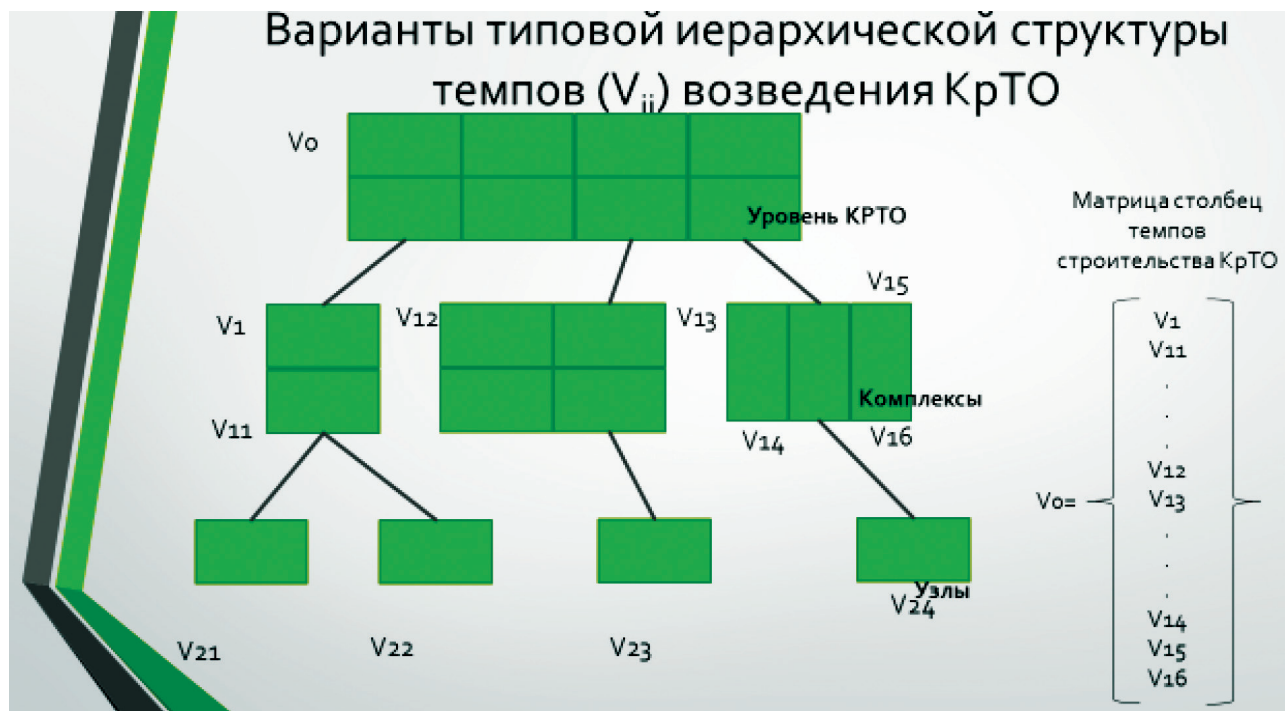


Рис. 6. Определение приоритетов строительных потоков на целевой иерархической модели

Литература

1. Горбушин Б. П., Пентковский Н. И. Основы поточного метода при скоростном строительстве. М. : Л. : Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1939. 96 с.
2. Основные положения теории строительного потока [Текст]: Материалы к лекциям проф. М. С. Будникова / Акад. строительства и архитектуры УССР. Семинар по организации строительства поточными методами для руководящих работников строит. пром-сти СССР. Киев: Науч.-исслед. ин-т организации и механизации строит. производства, 1961. 13 с., 17 л. черт.; 29 см.
3. Будников М. С. и др. Основы поточного строительства. Киев: «Будивельник», 1961. 500 с.
4. Афанасьев В. А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат, 1990. 160 с.
5. Афанасьев В. А., Афанасьев А. В. Проектирование организации строительства сложных комплексов. М., 1981. 95 с.
6. Мамед-Заде Н. А. Методы расчета строительных потоков. М. : Стройиздат, 1975. 176 с.
7. Гусаков А. А. Основы проектирования организации строительного производства (в условиях АСУ). М., Стройиздат, 1977 (ЦНИИ ПИАСС).
8. Жинкин Г. Н. Система календарных планов для строительства железных дорог. «Транспортное строительство», 1979. № 5. С. 38–39.
9. Жинкин Г. Н. Проблемы совершенствования организации строительства железных дорог. Сб. юбилейной конференции «75 лет Строительному факультету», СПб, ПГУПС, 1996. С. 36–41.
10. Грицык В. И., Жинкин Г. Н., Грачев И. А., Калугин Ю. Б. Строительство железных дорог: Учебное пособие. Под ред. Грицына В.И. М., УМК МПС России, 1999. 384 с.
11. Организация строительства и реконструкция железных дорог: учебник для вузов ж.-д. транспорта / И. В. Прокудин, Э. С. Спиридонов, И. А. Грачев, А. Ф. Колос, С. К. Терлецкий / под. ред. И. В. Прокудина. М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2008. 736 с.
12. Организация и методы транспортного строительства / Ткаченко В. Я., Перцев В. П., Воробьев В. С. и др.; отв. ред. В. Я. Ткаченко. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2007. 318 с.
13. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Р. Мако, И. Такахара. М. : Мир, 1973. 344 с.
14. Управление строительными проектами : учеб. пособие / А. Ф. Колос, А. В. Кабанов, А. А. Конон. СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. 67 с.

УДК 69.05

Анатолий Борисович Шамардин,
канд. техн. наук, зам. директора
Артем Денисович Шамардин,
программист
(ООО «Строительная компания «Дальпитерстрой»)
E-mail: an.shabo@yandex.ru

Anatoly Borisovich Shamardin,
PhD in Sci. Tech., Associate Director
Artem Denisovich Shamardin,
programmer
(LLC Construction Company “Dalpiterstoy”)
E-mail: an.shabo@yandex.ru

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ 15-ЭТАЖНОГО ДЕВЯТИСЕКЦИОННОГО ЖИЛОГО ДОМА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

CALCULATION OF THE SCOPE OF WORK ON THE EXAMPLE OF A 15-STOREY NINE – SECTION RESIDENTIAL BUILDING TO DEVELOP A PROJECT ON-LINE ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

В статье рассмотрены вопросы оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений на примере 15-этажного девятиэтажного жилого дома. С введением ФЗ № 478 стоимость жилья на первичном рынке в 2022 г. по сравнению с 2017 г. выросла на 289,7 %. Расчет железобетонных конструкций с помощью пакета SCAD Office дает завышенные значения расхода арматуры. Расчеты с помощью таблиц монографии Д. В. и Е. Д. Вайнбергов дают экономию арматуры на 10–15 %. Максимальный эффект снижения себестоимости строительства дает сокращение сроков строительства путем поточной организации строительного производства с применением программного обеспечения ProjectLibre-1.9.1. Разработаны программы расчета конструкций и расчета теплотерь наружных стен на языке C++. Это дает возможность принять рациональные проектные решения и снизить затраты на строительство на 12–18 %.

Ключевые слова: проектное финансирование, объемно-планировочные решения, стоимость продаж жилья, теплотехнический расчет, поточная организация строительства.

The article deals with the optimization of space-planning and design solutions on the example of a 15-storey nine-section residential building. With the introduction of Federal Law No. 478, the cost of housing in the primary market in 2022 compared to 2017, it increased by 289.7 %. Calculation of reinforced concrete structures using programs SCAD Office gives inflated valve flow values. Calculations using tables of the monograph by D. V. and E. D. Weinberg give rebar savings of 10–15 %. Maximum cost reduction effect the cost of construction gives a reduction in terms of construction by in-line organization construction production using software ProjectLibre-1.9.1. Design calculation programs have been developed and calculation of heat loss of external walls on C++. This makes it possible to make rational design decisions and reduce construction costs by 12–18 %.

Keywords: project financing, space-planning decisions, the cost of housing, thermotechnical calculation, on-line organization of construction.

С июля 2019 года в строительстве действует Федеральный закон от 25.12.2018 ФЗ № 478, определяющий новую форму долевого строительства – проектное финансирование, когда застройщики для строительства жилья используют только собственные или заемные средства, а средства дольщиков хранятся на эскроу-счетах [1, 2]. При недостатке собственных средств застройщику приходится обращаться в банки за получением кредита. Банковское финансирование предоставляется застройщикам под процент: застройщик обязан вернуть кредит, что увеличивает себестоимость проекта. Банковский кредит выдается по рыночным ставкам, ориентировочно под 10–12 % годовых. Предполагалось, что введение проектного финансирования защитит участников долевого строительства от мошенников застройщиков и недостроя.

Новые механизмы финансирования долевого жилищного строительства введены законодательством с июля 2019 года. На 1 декабря 2022 года количество эскроу-счетов составило

более 716 тыс. штук. Объем денежных средств, размещенных участниками долевого строительства на эскроу-счетах, превысил 4,1 трлн рублей. Предполагалось, что введение проектного финансирования увеличит стоимость жилья на первичном рынке на 8–10 %. Однако, реальность превзошла все мыслимые немислимые предположения. Анализ стоимости продаж жилья на рынке первичной недвижимости в Санкт-Петербурге по данным «РОСРИ-ЭЛТ» [4, 5] приведен в табл. 1.

Таблица 1

Изменение средней стоимости продажи жилья на рынке первичной недвижимости в Санкт-Петербурге

Год	Стоимость 1 м ² жилья, тыс. руб/м ²	%	Год	Стоимость 1 м ² жилья, тыс. руб/м ²	%	% к 2017 году
2013	80,4	100,0	2018	112,7	95,0	116,5
2014	84,6	84,6	2019	129,3	109,0	133,7
2015	98,4	98,4	2020	118,6	100,0	122,6
2016	96,6	96,6	2021	161,6	136,3	167,7
2017	96,7	96,7	2022	279,2	235,4	289,7

Из табл. 1 видно, что за пятилетку с 2013 по 2017 год стоимость продаж 1 м² жилья на первичном практически не изменилась. Совсем другая картина складывается в пятилетку с 2018 по 2022 год. Стоимость продажи жилья в 2019 по сравнению с 2017 возросла на 133,7 %. А после введения ФЗ от 25.12.2018 № 478 начался реальный коллапс, который побил все предварительные прогнозы аналитиков. Средняя стоимость продаж 1 м² жилья в 2022 году по сравнению с 2020 годом увеличилась на 235,4 %, а по сравнению с 2017 годом на 289,7 %.

Такая ситуация поставила застройщиков и проектировщиков перед необходимостью радикально снизить себестоимость строительства, что можно достичь следующими мероприятиями.

1. Проектные организации при выполнении проектной документации должны стремиться разработать такие объемно-планировочные решения, при которых достигается максимальная величина коммерческой площади, которую численно можно охарактеризовать коэффициентом полезной площади K_k , определяемым как отношение продаваемой площади к площади наружного периметра несущей плиты перекрытия. Необходимо стремиться осуществлять посадку здания близкой к меридиональной ориентации. Для широтной ориентации жилых домов величина K_k ориентировочно может составлять $K_k = 0,56 - 0,68$. Для жилых домов меридиональной ориентации коэффициент продаваемой площади может составлять $K_k = 0,70 - 0,75$. Планировку квартир на этаже секции необходимо выполнять из условия максимально допустимой площади квартир – 450 м² и рационально спроектированного лестнично-лифтового узла с необходимым количеством лифтов и незадымляемой лестничной клеткой.

2. Известно, что общестроительные работы составляют ориентировочно 55–65 % от сметной стоимости всех строительно-монтажных работ, поэтому принятие рациональных конструктивных и технологических решений влекут снижение расхода материалов и затрат на эксплуатацию машин и механизмов. Расчеты несущих железобетонных конструкций жилых зданий с применением Существующие проектно-аналитические пакеты прикладных

программ SCAD Office, ориентированные на поддержку СНиП, дают завышенные результаты армирования. Для расчета железобетонных конструкций используется пакет прикладных программ «АРБАТ», ориентированный на математический аппарат СНиП 52-01-2003 [3] и Свода правил 52-101-2003. Особенно вызывает сомнение бездумный машинный подбор арматуры с предварительно заданным шагом, в котором не участвует конструктор, призванный откорректировать конструктивные решения, принятые ЭВМ.

Расход арматуры на 1 м³ бетона перекрытий и стен монолитных жилых домов, запроектированных и построенных в 2004–2021 годах различными организациями, показывает значительный разброс значений, показывающий влияние квалифицированных конструкторов на экономичность принятых решений. Рассмотрим некоторые средние значения расхода арматуры в проектной документации различных проектных организаций. Жилой 21-этажный дом в Мурино, корпус 15 (архитектурная мастерская «Евгений Герасимов и партнеры»): междуэтажные перекрытия 124,9 – 128,5 кг арматуры на 1 м³ бетона, стены подвала – 132,2 кг/м³, стены этажей – 123,2 кг/м³. Жилой 23-этажный дом Дунайский пр., участок 1 (ООО «Артпроект»): стены этажей 118,6–137,7 кг/м³, междуэтажные перекрытия – 138,3 кг/м³, плита покрытия паркинга с парковочными местами на ней – 219,2 кг/м³, стены паркинга – 153,5 кг/м³. Комплекс 24-этажных жилых домов 39-3, Петергофское шоссе, участок №21 (ООО «Студия 17»): подземная часть – перекрытия 185 кг/м³, стены – 136,3 кг/м³; надземная часть – перекрытия 134,2 кг/м³, стены 102,3 кг/м³, лестницы 145,2 кг/м³, шахты лифтов 95,6 кг/м³. Все конструкторские расчеты проводились с применением пакета программ SCAD Office, однако для соответствующих конструктивных железобетонных элементов имеем различные значения, которые различаются на величину от 125 % до 182 %, т. е. все окончательно принятые решения зависят от квалификации конструкторов, пресловутого человеческого фактора.

Реально математические модели, заложенные в программах расчета стен и перекрытий SCAD Office, не соответствуют фактической работе элементов различных схем несущих конструкций жилых домов и возникающих в этих конструкциях параметрах напряженно-деформированного состояния. Исследования работы железобетонных конструкций (пластин, дисков, балок-стенок), проводимые в СССР в 1940–1950-х гг., опубликованы в монографии Д. В. Вайнберга и Е. Д. Вайнберга [6], где приведены таблицы, полученные путем замены решений дифференциальных уравнений уравнениями в конечных разностях. Результаты определения изгибающих моментов в пластинах по приведенным таблицам, позволяют откорректировать величины расхода арматуры в меньшую сторону на 10–15 %. На основании данных таблиц нами разработаны программы расчета плит перекрытий и покрытий на языке C++, позволяющие сократить расход арматуры жилых зданий. Многовариантные расчеты плит перекрытий жилых зданий показывают, что оптимальный шаг поперечных стен при толщине перекрытия 160 мм составляет 6,6–7,6 м. При этом удельный расход арматуры на 1 м³ бетона колеблется в пределах 110–130 кг/м³.

Решающим фактором снижения себестоимости при строительстве жилых домов в условиях действия ФЗ № 478, когда строительство ведется с привлечением заемных средств уполномоченных банков, является сокращение сроков строительства [7]. Чем быстрее застройщик погасит кредит и проценты за его использование, тем ниже будет себестоимость строительства. Сроки строительства для четырех жилых 25-этажных домов № 40-1 – № 40-4 жилого комплекса в СПб, пос. Шушары на участке 71704,0 м² определены «Разрешением на строительство» Службой государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга

приведены в табл. 2. Сроки погашения кредита рационально определять продолжительностью строительства, определенным разрешением на строительство.

Таблица 2

Сроки строительства четырех жилых 25-этажных домов № 40-1 – № 40-4 жилого комплекса в СПб., пос. Шушары

№ корпуса	Площади коммерческих помещений, м ²					Коэффициент полезной площади, %	Продолжительность строят., мес.
	Общая	Квартир	Встроенных	Автостоянки	Коммерческая		
1	54284	33853	2499	2942	39294	72,4	28
2	85275	48920	3726	7963	60609	71,1	44
3	52500	32584	2640	2830	38054	72,5	27
4	28000	17858	2026	0	19884	71,0	14

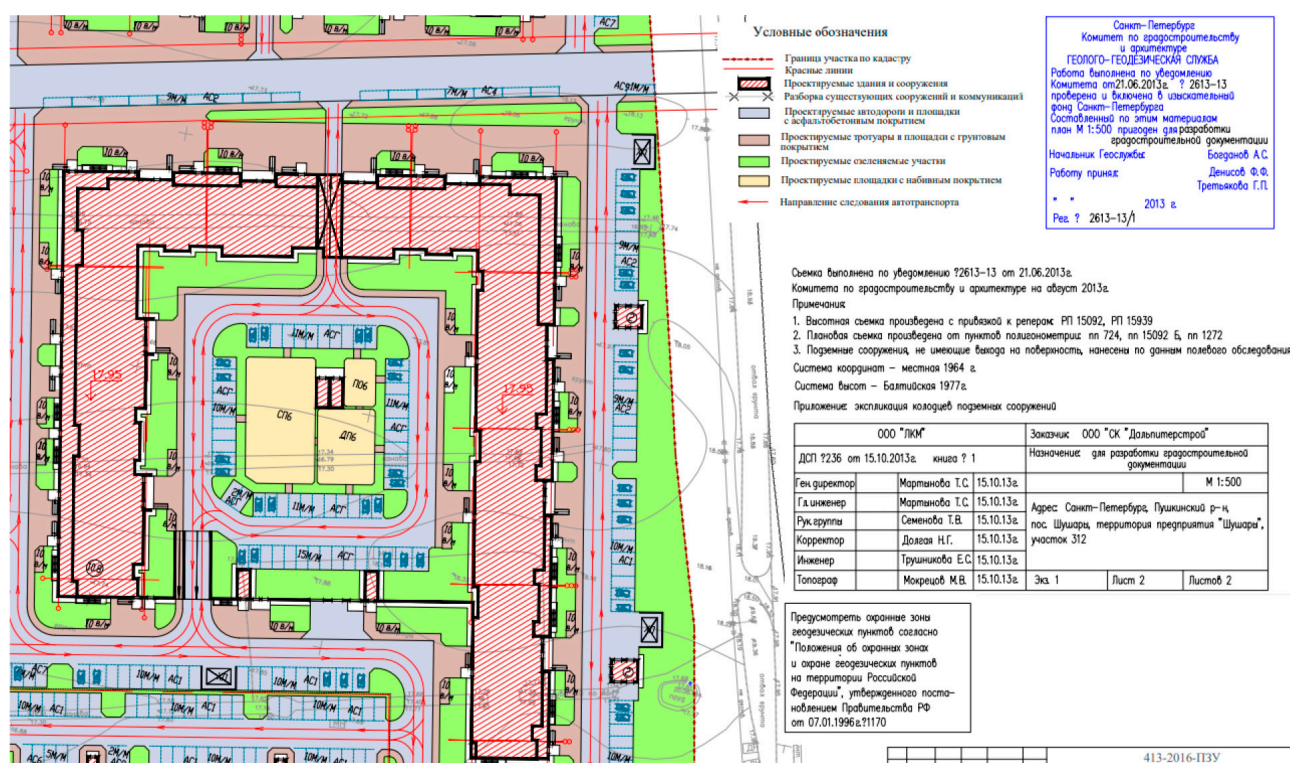
Федеральный закон ФЗ №87 от 16.02.2008 года «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» предусматривает раздел 7 «Проект организации строительства», который должен содержать обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения конструктивных элементов здания, инженерных и транспортных коммуникаций, обеспечивающих соблюдение установленных в календарном плане строительства, сроков завершения строительства, обоснование принятой продолжительности строительства здания и его отдельных этапов.

Для выполнения проекта организации строительства жилого дома нами разработана подробная организационно-технологическая схема строительства жилого здания от подготовительного периода до благоустройства территории. Все работы взаимосвязаны в технологической последовательности. Для определения объемов строительно-монтажных работ разработаны программы расчета основных конструктивных элементов на языке C++ [8,9,10,11]. Рассмотрим методику определения объемов строительных работ на примере строительства 15-этажного 9-секционного кирпично-монолитного жилого дома, определив которые можно разработать ресурсную смету и проект поточной организации строительных работ с применением программного обеспечения *ProjectLibre-1.9.1*. На рисунке представлен генеральный план 15-этажного 9-секционного жилого дома, корпус 10.8.

Для разработки проекта поточной организации выполнения основных строительных работ (бетонирование несущих железобетонных конструкций, кирпичная кладка основания, толщиной 250 мм, наружное утепление стен минеральной ватой, толщиной 150 мм, с последующем выполнением тонкой 5–8 мм штукатурки по сетке) рассматриваем три блока по три секции каждый, которые организационно составляют три самостоятельные захватки.

Поперечные несущие стены типового этажа толщиной 180 мм располагаются с шагом от 4,2 м до 7,2 м. Плиты перекрытий секций толщиной 160 мм армируются верхней и нижней сетками основной арматурой диаметром 10 мм шагом 200 мм. В пролетах с шагом 6,0–7,2 м в пролетах и над опорами устанавливается дополнительная арматура диаметром 12–14 мм шагом 200 мм. Общая площадь секций по наружному периметру плит перекрытий равна: для блока № 1 – 1377 м², для блока № 2 – 1061 м², для блока № 3 – 1497 м². Объем бетона для блока № 1 равен 230 м³, для блока № 2 – 170 м³, для блока № 3 – 239 м³. Расход арматуры перекрытия с учетом балконов, поддерживающих устройств и нахлестки для блока № 1 равен 27,3 т, удельный вес арматуры, приходящийся на 1 м³ бетона равен 124 кг/м³.

Для блока № 2 количество арматуры равно 18,5 т, удельный вес равен 108,5 кг/м³. Для блока № 3 количество арматуры равно 28,0 т, удельный вес равен 117,4 кг/м³.



Генеральный план 15-этажного 9-секционного жилого дома, корпус 10.8

Количество арматуры поперечных стен и пилонов с учетом нахлестки для блока № 1 равно 14,1 т, удельный вес – 84,3 кг/м³, для блока № 2 количество арматуры равно 9,97 т, удельный вес – 82,6 кг/м³, для блока № 3 количество арматуры равно 13,5 т, удельный вес – 86,7 кг/м³. Соответствующим образом определяются объемы других строительного-монтажных работ.

Площадь квартир на типовом этаже блока № 1 составляет 964,8 м², блока № 2 – 728,4 м², блока № 3 – 1117,6 м². Общая площадь квартир на типовом этаже здания составляет 2810,8 м². Коэффициенты полезно площади для секций блока № 1 составляют $K_k = 0,701$, для блока № 2 $K_k = 0,687$, для блока № 3 $K_k = 0,747$. Общее количество бетона всех несущих стен и перекрытий равно 1306 м³, общий вес всей арматуры стен и перекрытий типового этажа равен 1110,3 т, объем бетона всех стен и перекрытий, приходящийся на 1 м² квартир равен 0,465 м³, а вес всей арматуры несущих стен и перекрытий, приходящийся на 1 м² квартир равен 38,6 кг/м². Таковы основные показатели расхода бетона и арматуры на типовой этаж жилого дома, рассчитанные по разработанным программам на языке C++.

В организационно-технологическом плане бетонирование стен и перекрытий осуществляется с электропрогревом как в зимний, так и в летний период строительства, чтобы необходимый набор прочности бетонной смеси составлял 5–7 суток и были организованы потоки бетонирования конструкций без простоя опалубки. В процессе выдержки бетонной смеси до момента снятия опалубки контролируется процесс остывания бетона с расчетом модуля поверхности бетона для каждого элемента конструкции. Кроме того, определяется промежуточная прочность бетона по разработанной программе на языке C++. Соответственно организуются потоки для других видов строительного-монтажных работ, объемы которых приведены в табл. 3.

Фрагмент общей ведомости объемов строительно-монтажных работ секции типового этажа

№	Общие параметры секций и здания	Обозначение	Значение
1	Длина типовой секции по наружному периметру секции, м	<i>Lls</i>	42
2	Ширина типовой секции по наружному периметру секции, м	<i>LTs</i>	12
3	Шаг несущих поперечных железобетонных стен, м	<i>LTws</i>	7,2
5	Количество секций здания	<i>Ns</i>	9
6	Количество этажей здания	<i>Nf</i>	15
7	Высота жилого этажа, м	<i>Hf</i>	3,0
8	Количество квартир на одном этаже типовой секции	<i>Nkvs</i>	7
9	Остекление		
10	Площадь оконного проема № 1 – 1,5×1,2 м	<i>A1o</i>	1,8
11	Количество оконных проемов № 1	<i>N1o</i>	9
12	Общая площадь оконных проемов № 1	<i>AΣ1o</i>	16,2
13	Общая длина подоконных досок для оконных проемов № 1	<i>LΣ1pd</i>	11,7
14	Длина перемычек для оконного проема № 1	<i>L1pr</i>	1,5
15	Общее количество перемычек (усиленные или рядовые) для оконных проемов № 1	<i>NΣ1pr</i>	18
16	Общая длина откосов оконных проемов № 1	<i>LΣ1o</i>	37,8
17	Площадь оконного проема № 2 – 1,5×1,8 м	<i>A2o</i>	2,7
18	Количество оконных проемов № 2	<i>N2o</i>	4
19	Площадь оконных проемов № 2	<i>AΣ2o</i>	10,8
20	Общая длина подоконных досок для оконных проемов № 2	<i>LΣ2pd</i>	7,6
21	Длина перемычек для оконного проема № 2	<i>L2pr</i>	2,1
22	Общее количество перемычек (усиленные или рядовые) для оконных проемов № 2	<i>NΣ2pr</i>	8
23	Общая длина откосов оконных проемов № 2	<i>LΣ2o</i>	19,2
24	Количество балконных проемов	<i>Nbod</i>	7
25	Общая площадь балконных проемов	<i>AΣbod</i>	25,1
26	Общая длина подоконных досок для балконных окон	<i>LΣbpd</i>	7,0
27	Длина перемычек для балконного проема	<i>Lbpr</i>	2,0
28	Общее количество перемычек (усиленные или рядовые) для, балконных проемов	<i>NΣbpr</i>	14
29	Общая длина откосов балонных проемов	<i>LΣbo</i>	50,4
30	Общая площадь остекления (оконных проемов и балконных проемов) на типовом этаже секции	<i>AΣos</i>	52,1
31	Фасады		

№	Общие параметры секций и здания	Обозначение	Значение
32	Площадь продольных фасадов типового этажа секции, м ²	$AfLs$	252,0
33	Площадь продольных фасадов типового этажа секции за исключением оконных проемов, м ²	$Aofs$	200,0
34	Коэффициент остекления	Kos	0,207
35	Площадь торцевого фасада секции, м ²	$AfTs$	36,0
36	Общая площадь утепления фасадов, м ²	Afs	236,0
37	Толщина основания под утеплитель наружных стен, м	$Tkfs$	0,25
38	Объем кирпичной кладки для заполнения наружных стен, м ³	$Vkfs$	50,0
39	Количество штук кирпича с соответствующим количеством раствора в 1 м ³ кладки при толщине кладки в 1 кирпич, м ³	Vlk	400
40	Количество кирпича для заполнения наружных стен, тыс. шт	NkF	20,0
41	Объем раствора для кирпичной кладки стен секции, м ³	VrF	12,5
42	Толщина утеплителя, м	Ty	0,15
43	Коэффициент увеличения количества утеплителя и дюбелей	KnD	1,2
44	Объем утеплителя, м ³	Vy	42,5
45	Количество дюбелей для крепления утеплителя (5 шт на 1 м ²), шт	Nd	1416

Любое здание, его внутренние и наружные сети состоят из набора линейных, плоскостных и объемных элементов, связанных между собой координатами x, y, z , величина которых и стоимость выполненных работ C меняются в процессе строительства с изменением времени t . Любой элемент здания или инженерных сетей во время строительства можно описать уравнением $F(x, y, z, t, c) = 0$. Сумма всех задач, описанных указанным уравнением, дает возможность разработать цифровую информацию на весь процесс строительства здания. Данная цифровая информация является основой для построения комплекса математических моделей, необходимых для управления строительством – от разработки 2D-моделей рабочих чертежей до разработки 5D-моделей финансирования строительства.

Для здания создается сводная цифровая информационная модель, состоящая из элементарных цифровых информационных моделей расчета отдельных конструкций и проекта точной организации строительства. Основным носителем информации для проектирования является прямоугольная двумерная матрица, в которой за основной элемент ячейки принята плоскостная характеристика – площадь рассматриваемого конструктивного элемента объекта, норма затрат труда Nwi и стоимости Nci на изготовление конструкции. Например, для нашего здания, имеющего 15 этажей и 9 секций, основной информационной матрицей, в общем случае, будет двумерная прямоугольная матрица $A = (a_{ij})$ размера $f \times s$, где $f = 15$ – количество строк матрицы, равное количеству этажей здания; $s = 9$ – количество столбцов матрицы, равное количеству секций здания; $i = 1, \dots, f; j = 1, \dots, s$.

Для железобетонной плиты перекрытия типового этажа, каждый элемент матрицы A является площадью плиты перекрытия какой-либо секции и какого-то этажа по наружному обмеру. Объем бетона, необходимого для изготовления всех перекрытий здания, получаем

двумерную матрицу толщин перекрытий $D=(d_{ij})$, где $i=1, \dots, f, j=1, \dots, s$. Информационную модель объема бетона на все перекрытия здания в матричном виде $V=(v_{ij})$, где $i=1, \dots, f, j=1, \dots, s$ получаем путем умножения элементов прямоугольной матрицы площадей перекрытий A на соответствующие значения матрицы толщин перекрытий D . Аналогично получаем цифровые информационные модели для всех видов работ строительного процесса в матричном виде.

Для разработки комплекса задач поточной организации строительства разработан алгоритм программного обеспечения для строительно-монтажных работ, связанных технологической последовательностью:

1. Разрабатывается блок исходных данных в матричной форме, которые остаются постоянными в процессе проектирования и строительства.

2. Определяются значения элементов матриц расчетных исходных данных по требованиям и рекомендациям действующих строительных норм. В дальнейшем эти значения используются в программах расчета на языке C++ для определения объемов работ, затрат труда и стоимости выполняемых работ.

3. Разрабатываются цифровые модели и программы на языке C++ для прочностных расчетов основных конструктивных элементов здания (плиты перекрытий и покрытия, продольные и поперечные несущие стены, колонны и пилоны).

4. Выполняется стадия «Рабочая документация» — в виде комплекта 2D-моделей рабочих чертежей, по которым непосредственно ведется строительство здания.

5. Исходя из опыта работы организации и территориальных единичных расценок разрабатываются корпоративные укрупненные нормы затрат труда Nw_i и стоимости Nc_i основных строительно-монтажных работ.

6. На основании полученных норм затрат труда Nw_i разрабатываются графики производства работ – 4D-моделей поточной организации строительства в *ProjectLibre-1.9.1* и определяется продолжительность строительства.

7. На основании корпоративных норм стоимости работ Nc_i разрабатывается 5D-модель финансирования строительства и график движения собственных и заемных денежных средств.

Разработка информационных цифровых моделей на основе многовариантных расчетов в процессе разработки объемно-планировочных и конструктивных решений зданий на всех стадиях проектирования дают возможность принять экономически обоснованные решения, снизить затраты труда и стоимость строительно-монтажных работ, а также сократить сроки строительства на 12–18 %.

Литература

1. Бахарева О. В. Исследование практики управления технологическими инновациями в регионе. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб. : СПбГАСУ, 2018. С. 88–93.
2. Садриева А. Р., Ахтямова Р. Х., Ахтямов И. И. Особенности создания BIM-модели на разных этапах разработки архитектурного проекта. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб. : СПбГАСУ, 2018. С. 148–151.
3. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М. : ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2004. 26 с.
4. О жилищном строительстве в Российской Федерации в 2021 году // rg.ru...kolichество-postroennogo-zhilia... 2021-godu...
5. РОСРИЭЛТ. Динамика цен на недвижимость в Санкт-Петербурге по годам. 2022.
6. Вайнберг Д. В., Вайнберг Е. Д. Пластины, диски, балки-стенки (прочность, устойчивость и колебания) Киев : Госстрой УССР, 1959. 1049 с.
7. Мамаев А. Е. Этапы реализации методики контроля календарного графика строительства на основе BIM технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 18–22.

8. *Шамардин А. Б., Шамардин А. Д.* Комплекс программ в С++ для экспресс разработки и анализа объемно-планировочных решений жилых зданий для создания BIM-моделей в условиях проектного финансирования // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Всероссийской науч.-практич. конф. СПб. : СПбГАСУ, 2020. С. 310–316.

9. *Шамардин А. Б., Шамардин А. Д.* Комплекс программ для экспресс-анализа объемно-планировочных решений железобетонных и ограждающих конструкций жилых зданий // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур. Материалы тринадцатой международной конференции, 7–9 сентября. Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. С. 12.

10. *Шамардин А. Б., Шамардин А. Д.* Комплекс программных средств для разработки пакета документов на получение кредита в уполномоченных банках на строительство жилых зданий в условиях проектного финансирования // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур. Материалы тринадцатой международной конференции, 7-9 сентября. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. С. 25.

11. *Шамардин А. Б., Шамардин А. Д.* Комплекс программ в С++ для создания BIM-моделей расчета отопления индивидуального жилого дома // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Всероссийской науч.-практич. конф. СПб. : СПбГАСУ, 2021. С. 425-434.

УДК 621.793.71

Улугбек Солижонович Ахмадиев,
канд. техн. наук, доцент
Ирода Назарбаевна Салимова,
канд. техн. наук
(Ташкентский архитектурно-строительный
университет)
E-mail: usa190380@mail.ru

Ulugbek Solijonovich Akhmediyrov,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Iroda Nazarbaevna Salimova,
PhD in Sci. Tech.
(Tashkent University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: usa190380@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УПЛОТНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ С ПОЛИЭФИРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL REGIMES OF COMPACTION OF POLYESTER COATED FLOOR STRUCTURE

This article provides erection energy proficient and mechanized technologies of structures floors from polyether surfaces.

Keywords: polyester, polymer compound, coating, sheared glass fiber, densifier, polymerization, reinforcement, thermosetting resin.

В этой статье представлены исследования энергоэффективных и механизированных технологий возведения конструкций перекрытий с полиэфирным покрытием.

Ключевые слова: полиэстер, полимерный компаунд, покрытие, срезанное стекловолокно, уплотнитель, полимеризация, армирование, термореактивная смола.

Introduction. The analysis of the process of construction of industrial buildings showed that the installation of load-bearing and barrier structures of buildings is significantly behind the high-speed mechanized and industrialized finishing works, especially the technology of floor coverings.

One of the hardest jobs in the construction of industrial buildings is the construction of floor coverings. This is because most floor coverings are made of fine-grained materials and their laying requires high labor costs and is difficult to mechanize.

One way to reduce such costs is to build solid flooring. Depending on the composition, such coatings are divided into polymer concrete, polymer alloys and mastic. The latter is the most promising, because mastic compositions are more technological in the process of preparation and laying, and the coating itself has a lower material volume. However, the cost of the specified coating is cheaper than others.

But in addition to the advantages of mastic coatings, they have a serious drawback, which is that they are not sufficiently resistant to impact loads, and as a result, the use of such flooring in the construction of industrial buildings is significantly suspended. To increase the impact resistance of such floor coverings, it is necessary to reinforce them with metal mesh, fiberglass and other materials.

A characteristic feature of all types of mastic coatings is high resistance to abrasion. Such coatings are easy to use due to the absence of seams and joints.

But they do not allow the process of building floors to go hand in hand with general construction and special works. Therefore, the ingress of dust and various building materials into the uncured mixture of floor coverings drastically reduces their quality.

Internal input stresses that occur in solid floor coverings lead to the formation of cracks.

The process of laying floor coverings is a very laborious and expensive part of the construction work, accounting for 10–15 % of the total cost of the building. Floors account for 16–20 % of labor costs in the construction of industrial buildings.

Solomatov V.I., Putlyaev I.G. and others have shown that the use of thermosetting resins is recommended to drastically reduce the labor required to build floor coverings.

Polyester binder-based cast monolithic flooring is the most common and has the following set of positive technical properties: high strength and abrasion resistance, high adhesion to many materials, chemical resistance, ease of cleaning and maintenance.

One of the serious disadvantages of monolithic coated floors based on unsaturated polyester resins is their low resistance to impacts, which limits their use in the construction of industrial buildings. Improving the impact resistance of such floors was achieved through the reinforcement of the coating. The effect of reinforcement of such coatings with fiberglass was observed by Davidov S. S., Moshansky N. A., Paturoev V. V., Girrode R. and others had emphasized in their scientific work. This makes it possible to create a high crack-resistant coating that is not fully penetrated, which in turn dramatically increases the service life of the floor covering.

However, at present, effective mechanized technology for the application of polyester coated floors reinforced with fiberglass has not been developed and the necessary reasonable technical means have not been selected.

Methods of research. The purpose of the research is to study and produce mechanized technology for the construction of polyester coatings reinforced with shear fiberglass, which achieves a sharp reduction in the cost of construction of impact-resistant solid coating floors of industrial buildings.

To achieve this goal, the following issues need to be addressed:

- study of the main technological features of the process of preparation and spraying of binders;
- to determine the effect of the composition of fiberglass on the technological mode of coating construction;
- to study the main physical and mechanical properties of the coating and the effect of internal stresses on the various technological modes of spraying the composition;
- Development of methods to reduce the adhesion of polyester binders to the contact parts of sealing mechanisms;
- check the technology of compaction of reinforced structures with cut glass fibers;
- substantiate the effectiveness of various devices used for the construction of polyester-coated floors reinforced with shear fiberglass.

The freshly sprayed floor covering forms a loose porous mass that is not compacted and contains cut glass fibers, partially wetted binder, and air bubbles. Therefore, compaction of the sprayed contents should be carried out. The compaction was increased in the compactor on the handle, in which case the fiberglass would stick to it and the compaction process would be much more complicated. Because of this, we have proposed a hypothesis that the value of the viscosity of sheared fiberglass soaked with a binder depends to some extent on the properties of the compactor (cathode) material. According to the hypothesis, the properties of the interaction of the polyester binder coating with polyethylene, grade 3 steel, stainless steel and steel substrates coated with K-55 lacquer were studied.

To do this, we first studied the relative adhesion in parallel in determining the value of relative viscosity in the K-1 structural adhesive. It was found that the properties of the material significantly affect the relative viscosity and adhesion.

For all tested items, an increase in relative adhesion was observed between 120 and 140 minutes after the binder was prepared. This situation can be understood as the cohesive forces at this polymerization stage are higher than the value of the adhesion viscosity at the surface-adhesion

boundary of the material. The condensation of the sprayed contents occurs due to the gradual expulsion of air located in the spaces between the glass fibers. As the amount of fiberglass in the sprayed contents increases, the size of the air bubbles in them also increases, and the process of compacting the contents becomes more labor-intensive. Experiments were carried out to determine the reasonable amount of fiberglass in the coating from the point of view of compaction technology, using the rational methods of sprayed compositions described in the previous chapter. The compaction of the contents was performed using three different densifiers as described above: smooth, edged, and vibrating.

Experiments have shown that when the glass fibers in the coating exceed 30 %, the rate of compaction of the contents decreases sharply, and at this time the strength of the solidified coating increases significantly. When the amount of fiberglass in the coating is up to 30 %, smooth and edged densifiers are advisable, as the efficiency of the edged densifiers is higher. It is more effective to use vibrators when the glass fiber content of the coating needs to be increased by more than 30 %.

The mixture of sprayed binder and cut glass fibers reflected a hollow porous elastic-adhesive system. This occurs as the compactor moves along the surface of the mixture, gradually compacting by DE positioning the glass fibers more densely. The binder should come out after the compactor on the surface of the compacted mixture.

Simultaneously with the compaction of the mixture, the glass fibers are absorbed into the binder. The quality of absorption depends to a large extent on the physical and mechanical properties of the floor covering. This in turn requires the most complete wetting of all fiber surfaces. However, the distance between the fibers is approximately equal to the diameter of the elemental fiber, 9–10 μm . Therefore, the absorption of the binder between the fibers has a diffuse property, because the structure of the glass fibers is in the form of microcapillaries.

The absorption time depends on the type of reinforcing filler (yarn, micro-yarn, glass wrap, etc.), its structure, the physicochemical nature of the binder and glass fiber, the capillary properties of the filler and the pressure value of the binder. However, the binding pressure value may have a much more limited value. Excessive increase in binder pressure leads to high tension in the capillaries. This is due to the accumulation of compressed air in them, which can cause the fibers to break.

Since changes in the physical and mechanical properties of the binder led to a decrease in viscosity during the compaction process, the technology of reducing the viscosity of the binder under the influence of vibration was studied.

To this end, the effect of different types of densifiers on the coating compaction process was analyzed. Types of vibratory vibrators (IV-28, IV-29, IV-30) with smooth, angular and multi-vibration number of compactors were studied. Based on these studies, it was found that the compaction time of the coating depends on the amount of glass fiber in it and the tensile strength of the coating. As a result, it was found that when the coating contains up to 20 % fiberglass, the compaction time and the strength characteristics of the coating do not depend on the densifiers used.

Given that the preparation of smooth densifiers is simple, it is prudent to use them in the composition of glass fibers up to 20 % compared to other densifiers.

Edge (rib) compactors allow the binder to soften thixotropically, i.e. to reduce its stickiness. Therefore, they can be used for effective compaction even when the amount of fiberglass in the coating is up to 30 %. When the glass fibers are larger, the density of the compactor has to be significantly increased. But as mentioned above, an inefficient process occurs when the binder increases the pressure.

Therefore, instead of increasing the density of the compactor, a multi-frequency vibrator was used, which further reduces the viscosity during the compaction process of the mixture and increases the penetration rate by absorbing the binder between the glass fibers. The fastest compaction is

performed using the IV-28 compactor, the number of high and low vibrations (frequency) is 14000 and 2500 min⁻¹. This can be explained as a sharp decrease in the viscosity of the binder by means of a high-frequency densifier. It has been studied that if the glass fibers are more wetted with the binder during the spraying process, the compaction of the binder and fiber mixture will be carried out faster. The complete and uniform application of the fibers conforms to the reasonable geometry of the binder and the glass fiber spray torch. At the same time, each device has its own spray torch with a reasonable structure.

Examination and feasibility study of the selected technological procedure for the construction of the floor covering by the method of simultaneous spraying of binder and fiberglass.

Conclusion. As a result of the research, the binders were identified and a technological scheme for their preparation was developed.

The introduction of the technology of spraying and compaction of the floor covering by the method of spraying of binder and glass fibers at once can confirm the effectiveness of the developed technology. floor coverings with PEK-2 and PEK-11 binders reinforced with shear fiberglass have high physical-mechanical and technological properties (Table).

The main physical, mechanical and technological characteristics of polyester coated floors with dispersed reinforcement with shear fiberglass

Indicators	Unit of measurement	Reinforced floor coverings	
		PEK 2 connector	PEK -11 connector
Сийқаланиш	mm	0,010	0,016
Crack resistance	mm	1,98	1,87
Depth of cut after 100 strokes	mm	0,9	0,9
Water diffusion coefficient	sm ² /sec x10 ⁻⁸	0,098	0,083
1000 loss of strength in the determination of accelerated lifespan with clockwise bending	%	13	12
Relative impact viscosity	H/sm ²	115	110

References

1. *Askarov B. A.* and others. Dictionary of Russian-Uzbek terms from architecture. General edition of encyclopedias, Tashkent, 1994. 224 pages.
2. Technology of construction processes. Telichenko V. I., Terentev O. M., Lapidus A. A., -2nd ed., Edited. M. : High school.2005. 392 p.
3. *Danilov N. N.* Technology of construction production. M., Vysshaya school, 2000.

УДК 625.4

Дмитрий Аркадьевич Басовский,
канд. техн. наук, доцент
(Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I)
Олег Владимирович Востриков,
инженер, начальник службы пути
(СПб ГУП «Горэлектротранс»)
E-mail: basovskiy76@mail.ru,
vost-ol@yandex.ru

Dmitry Arkadievich Basovsky,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University)
Oleg Vladimirovich Vostrikov,
Engineer, Head of the track service
(St. Petersburg State Unitary Enterprise “Gorelektrotrans”)
E-mail: basovskiy76@mail.ru,
vost-ol@yandex.ru

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

SEASONAL FEATURES OF THE REPAIR OF TRAM TRACKS IN ST. PETERSBURG

В данной статье рассматриваются особенности производства работ в Санкт-Петербурге по ремонту трамвайного пути с устройством бесшпальных конструкций в зимний и летний периоды. Применение бесшпальных оснований позволяет повысить несущую способность трамвайного пути, продлевает срок службы асфальтобетонного покрытия и всей конструкции в целом. Кроме этого их применение дает возможность снизить объемы текущего содержания и эксплуатационные расходы за счет увеличения межремонтных интервалов. Объемы ремонта пути, организация движения безрельсового транспорта на период ремонта трамвайных путей, требуют продления периода производства работ за рамки агротехнического периода, условно принимаемого с 15 апреля по 15 октября. Необходимость возведения бетонных оснований в зимний период, требует не только технических изменений, обеспечивающих заданные темпы укладки бетонной смеси и ее нормативные значения, но и иного организационно-технологического подхода в части планирования. Организация технологического процесса при устройстве монолитного бетонного основания в бесшпальных конструкциях трамвайных путей в зимнее время должна учитывать необходимость применения методов зимнего бетонирования.

Указаны особенности возведения монолитных оснований в зимний и летний периоды. Проведено сравнение сроков строительства, позволяющие сделать вывод, что для выполнения бетонных работ при устройстве бесшпальных конструкций, в зимний период, за короткий срок необходимо организовывать процесс производства работ с учетом совмещения разных видов работ.

Ключевые слова: трамвайный путь, бетонирование, календарный план, основание.

This article discusses the features of the work in St. Petersburg on the repair of tram tracks with the device of sleeper-less structures in winter and summer. The use of sleeper-less bases allows to increase the bearing capacity of the tramway, prolongs the service life of the asphalt concrete pavement and the entire structure as a whole. In addition, their use makes it possible to reduce the volume of current maintenance and operating costs by increasing the repair intervals. The volume of track repairs, the organization of the movement of trackless transport for the period of repair of tram tracks, require an extension of the period of work beyond the agrotechnical period, conditionally accepted from April 15 to October 15. The need to erect concrete foundations in winter requires not only technical changes that ensure the specified rates of laying concrete mix and its normative values, but also a different organizational and technological approach in terms of planning. The organization of the technological process for the construction of a monolithic concrete base in the sleeper-less structures of tram tracks in winter should take into account the need to use winter concreting methods.

The features of the construction of monolithic foundations in winter and summer are indicated. A comparison of construction terms has been carried out, which allows us to conclude that in order to perform concrete work when installing sleeper-free structures, in winter, it is necessary to organize the work production process in a short time, taking into account the combination of different types of work.

Keywords: tramway, concreting, planned schedule, foundation.

Введение. Одним из важных элементов путевого хозяйства, который обеспечивает развитие трамвайного движения и определяет безопасность пассажирских перевозок, является конструкция и состояние рельсового пути.

Наиболее кардинальным решением задачи повышения несущей способности и эксплуатационной надежности пути является применение бесшпальных оснований, обеспечивающее одновременно сохранность дорожных покрытий и минимум вредных экологических воздействий, включая шумовое давление и вибрацию [1].

Долговечность и устойчивость бесшпальных оснований позволяет снизить объемы текущего содержания и эксплуатационные расходы в путевом хозяйстве [2].

Материалы и методы. В Санкт-Петербурге при ремонте и строительстве трамвайного пути, размещенном в совмещенном с автодорогой полотне, успешно применяются бесшпальные конструкции пути на бетонном (монолитном) основании (рис. 1, 2). Монолитное бетонное основание укладывается в два слоя, с анкерным креплением трамвайных рельсов на армированную нижнюю плиту или в один слой с установкой порталов, основание под плиту выполняется из щебня и песка глубиной в зависимости от местных инженерно-геологических условий. Кроме этого, используются геосинтетические материалы для дополнительного армирования и разделения конструктивных слоев. Рельсы устанавливаются с применением прирельсовых и подошвенных профилей. Покрытие в зоне трамвайных путей из литого асфальтобетона.

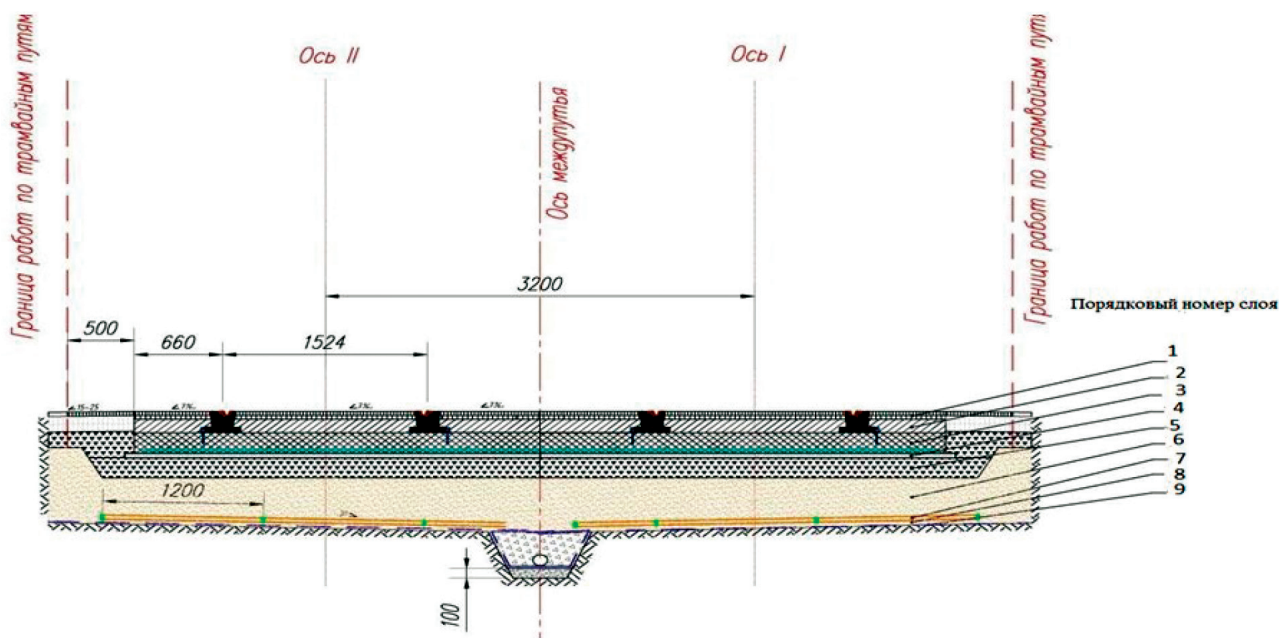


Рис. 1. Конструкция трамвайного пути на основании из железобетонной плиты, залитой в 2 слоя:
 1 – асфальтобетон литой по ГОСТ Р 54401–2020, уложенный в 2 слоя; 2 – заливка бетонная В25F200W8П4;
 3 – плита из фибробетона В35F300W8; 4 – тощий бетон В7,5 (М100); 5 – щебень гранитный фракции 25–60 мм (М1200) по ГОСТ 7392–2014; 6 – мелкий песок I класса по ГОСТ 8736–2014; 7 – пенополистирол;
 8 – мелкий песок I класса по ГОСТ 8736–2014; 9 – геотекстиль плотностью 190 г/м² (функция разделения)

Монолитное бетонное основание бесшпальных конструкций трамвайных путей выполняется из бетона класса прочности на сжатие В35, марка по морозостойкости F-300, марка по водопроницаемости W8. Для повышения качества и удобства укладки бетона вводятся пластифицирующие добавки, определяемые рецептом лаборатории завода-изготовителя бетонной смеси. Бетон дополнительно армируется синтетической полипропиленовой фиброй и устраивается с арматурным каркасом в один слой [3].

Такая конструкция не требует послеосадочной выправки, продлевает срок службы асфальтобетонного покрытия, обеспечивая равно нагруженную площадку земляного полотна, использование прирельсовых профилей, обеспечивает достижение приемлемых уровней шума и вибрации.

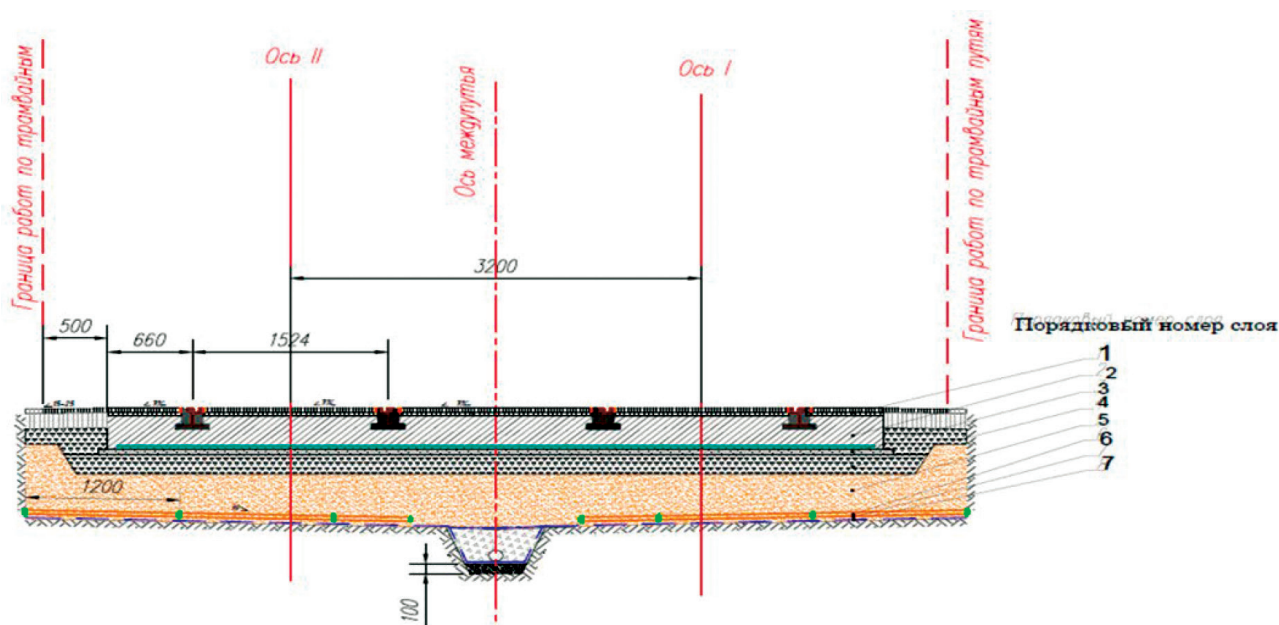


Рис. 2. Конструкция трамвайного пути на основании из железобетонной плиты с применением порталов:
 1 – асфальтобетон литой по ГОСТ Р 54401–2020, уложенный в 2 слоя; 2 – плита из фибробетона В35F300W8; 3 – тощий бетон В7,5 (М100); 4 – щебень гранитный фракции 25–60 мм (М1200) по ГОСТ 7392–2014; 5 – мелкий песок I класса по ГОСТ 8736–2014; 6 – пенополистирол; 7 – мелкий песок I класса по ГОСТ 8736–2014

Продолжается применение при эксплуатации трамвайных путей, размещенных на обособленном полотне с устройством дорожного покрытия и без него, на самостоятельном полотне шпально-щебеночной конструкции.

Широкое распространение за последние годы получила шпально-щебеночная конструкция пути с железобетонными шпалами. Эта конструкция устойчива в продольном и поперечном направлениях, а благодаря минимальному накоплению остаточных деформаций дает возможность существенно сократить эксплуатационные расходы.

В настоящее время шпально-щебеночная конструкция усиливается бетоном БСГ В7,5, который укладывается между балластом и щебеночным основанием, уложенным на подстилающий слой из песка.

Определяющими факторами при выборе конструкции трамвайного пути являются их технико-экономические показатели и прочностные характеристики. Также важно месторасположение пути и район строительства.

Эффективно и своевременно выполненные ремонтные работы, обеспечивают экономию эксплуатационных расходов за счет увеличения межремонтного интервала, сокращения затрат на обслуживание трамвайных путей, при поддержании их в нормативном состоянии.

Продолжительность выполнения строительных работ при капитальном ремонте зависит от выбранной конструкции пути, времени года, в котором они выполняются и технологии организации работ.

Организация технологического процесса при устройстве монолитного бетонного основания в бесшпальных конструкциях трамвайных путей в зимнее время должна учитывать необходимость применения методов зимнего бетонирования. Эти методы должны исключать преждевременное замораживание бетонной смеси и бетона, обеспечивать заданные темпы укладки бетонной смеси и получение нормируемых значений прочности бетона при сокращении времени твердения, а также создавать условия, исключаящие образование трещин в конструкции из-за температурных перепадов.

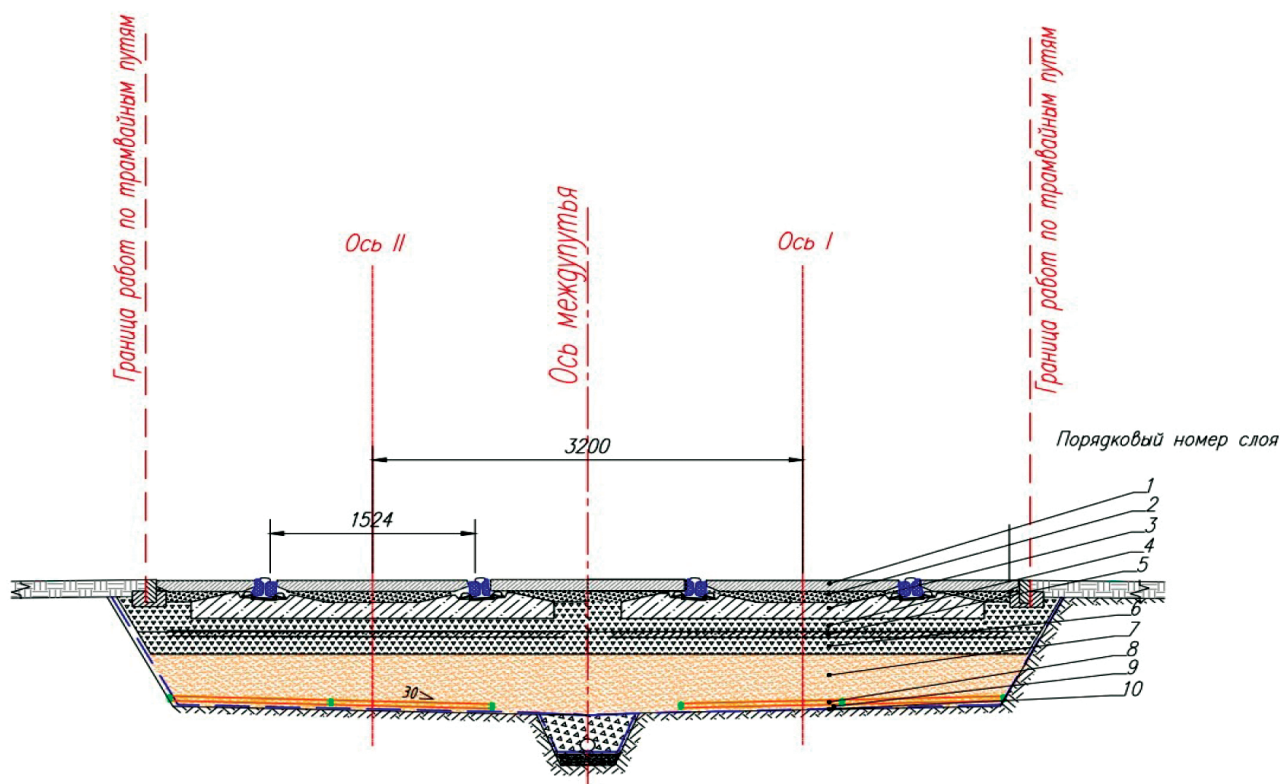


Рис. 3. Усиленная шпально-щебеночная конструкция трамвайных путей с железобетонными шпалами:
 1 – покрытие (плиты бетонные) по ГОСТ 19231.0–83, ГОСТ 19231.1–83; 2 – щебень гранитный фракции 5–10 мм по ГОСТ 8267–93; 3 – железобетонная шпала; 4 – щебень гранитный фракции 25–60 мм (M1200) по ГОСТ 7392–2014; 5 – усиление основания БСГ В 7,5; 6 – щебеночная подушка фракции 25–60 мм (M1200) по ГОСТ 7392–2014; 7 – мелкий песок I класса по ГОСТ 8736–2014; 8 – пенополистирол; 9 – мелкий песок I класса по ГОСТ 8736–2014; 10 – геотекстиль плотностью 190 г/м² (функция разделения)

Зимние условия в технологии монолитного бетона и железобетона несколько отличаются от общепринятых – календарных. Они применяются, когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до +5°C, а в течение суток имеет место падение температуры ниже 0°C.

Обеспечение положительных температур основания и предохранение от замерзания уложенного бетона до достижения требуемой прочности, при строительстве трамвайных путей, осуществляются следующими основными способами: утеплением; электропрогревом; обогревом тепловыми пушками и устройством тепляков.

Открытая поверхность бетонной плиты накрывается теплоизоляционным материалом и полиэтиленовой пленкой для предохранения свежесуложенного бетона от вымораживания воды, создания оптимального влажностного и температурного режима (рис. 4) [4].

Кроме этого, для достижения нормативных параметров бетона применяются специальные противоморозные химические добавки.

Полученные результаты. Составление календарных планов производства работ по ремонту трамвайных путей позволяет определить оптимальный срок выполнения поставленных задач и очередность их проведения [5].

В качестве примера можно рассмотреть календарные планы ремонтов трамвайных путей на бесшпальной конструкции, выполненные в летний (рис. 5) и зимний (рис. 6) периоды. Среднесуточная температура наружного воздуха в летние месяцы 2022 года составила +17 °C, а в зимние –2 °C.



Рис. 4. Производство работ по устройству бесшпальной конструкции в зимний период при выполнении защиты от замерзания



Рис. 5. Производство работ по устройству бесшпальной конструкции в летний период

В результате анализа представленных календарных планов (рис. 7, рис. 8, рис. 9) определено количество отремонтированных метров пути за один день (моп/день), которые составили:

- бесшпальная конструкция в летний период 2 моп/день и 17 моп/день;
- бесшпальная конструкция в зимний период 18 моп/день.



Рис. 6. Производство работ по устройству бесшпальной конструкции в зимний период

№ п/п	Вид работ	май, 2022																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
Конструкция на ж/б плите (двойная плита)																																				
	Протяжение участка 40 моп																																			
1	Демонтаж трамвайных путей																																			
2	Устройство основания и выравнивающего слоя из тощего бетона В7,5 М100 Н=5см																																			
3	Изготовление и установка арматурных каркасов																																			
4	Устройство монолитного основания из фибробетона В35 F300W8 П4 20 см																																			
5	Уход за бетоном																																			
6	Укладка пути из рельсов трамвайных желобчатых																																			
7	Сварка стыков рельсов электродуговая ванным способом																																			
8	Установка обрезиненных тяг																																			
9	Монтаж комплекта резиновых профилей																																			
10	Устройство монолитного основания из фибробетона В25 F200 W8 П4 14 см																																			
11	Уход за бетоном																																			
12	Устройство слоя а/б покрытия в колее и междупутье																																			

Рис. 7. Календарный план работ по ремонту трамвайных путей на бесшпальной конструкции без учета совмещения видов работ в летнее время

УДК 624.05

Михаил Михайлович Левченко,
руководитель учебного центра
(Национальный кровельный союз)
E-mail: levchenko@roofers-union.ru

Mikhail Mikhailovich Levchenko,
Head of the training center
(National Roofing Trade Union)
E-mail: levchenko@roofers-union.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЛЬЦЕВЫХ КРОВЕЛЬ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ

TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING METAL SEAM ROOFING AND 3D MODELING

Итоговым продуктом, полученным с использованием технологии изготовления фальцевых соединений, является деталь и/или совокупность деталей из тонколистового металла, образующая кровельное покрытие крыши или облицовку фасада. Готовое изделие должно соответствовать нормативным требованиям в части безопасности, надежности, обеспечения защиты здания от воздействия природных факторов, а также соответствовать эстетическим запросам заказчика.

В перспективе в результате широкого применения адаптированных для нужд отрасли средств проектирования (3D САПР) и современных средств измерения (3D-сканер) итоговый продукт будет изменяться. Изменения будут носить, как качественный, так и количественный характер.

Ключевые слова: металлическая кровля, фальц, тонколистовые металлы, 3D-модель, фотограмметрия.

The final product obtained using the technology of manufacturing lock welts is a part and / or a set of parts made of thin sheet metal, forming a roof covering or facade cladding. The finished product must comply with regulatory requirements in terms of safety, reliability, ensuring the protection of the building from the effects of natural factors, and also meet the aesthetic needs of the customer.

In the future, as a result of the widespread use of design tools adapted to the needs of the industry (3D CAD) and modern measuring instruments (3D scanner), the final product will change. The changes will be both qualitative and quantitative.

Keywords: metal roofing, seam, sheet metal, 3D model.

Введение. В результате применения современных средств 3D-измерения и проектирования для повышения производительности труда и эффективности планирования решаются следующие задачи:

- создание и дальнейшее использование отечественного электронного банка типовых проектных решений и разверток деталей для металлической фальцевой кровли на основе 3D САПР, например КОМПАС-3D [6].
- использование 3D-моделей в качестве управляющих программ для изготовления деталей металлической кровли на оборудовании с ЧПУ
- увеличение точности изготовления деталей для улучшения качества кровли / облицовки.

Очевидно, что в ближайшее время существующая практика применения оцифровки объектов с использованием фотограмметрии [5] и 3D-сканирования распространится в большей степени, в том числе и на металлическую фальцевую кровлю. Использование информации, полученной в результате автоматической обработки облаков точек, позволит минимизировать необходимость применения традиционных средств измерения таких, как рулетка, линейка, угломер, уровень и т.п. Дистанционные измерения, обеспечив достаточную точность, повысят уровень безопасности, что особенно актуально при выполнении кровельных работ.

Это предположение основывается на результатах опросов, проведенных среди подрядчиков кровельных работ, которые подтверждают, что существует потребность в использовании результатов 3D-моделирования для изготовления, как отдельных кровельных изделий

из тонколистовых металлов, так и для планирования изготовления металлической кровли в целом.

Материалы и методы. Современная технология изготовления металлических фальцевых кровель [3; 4] начала формироваться в древности с появлением тонколистовых металлов и продолжает совершенствоваться до сих пор, в соответствии с новыми возможностями, обусловленными научно-техническим прогрессом и, в частности, развитием цифровых технологий.

Рассмотрим экспериментальное применение метода фотограмметрии [5] на примере создания 3D-модели навеса с последующим ее использованием для проектирования и изготовления новой металлической фальцевой кровли.

Для получения снимков использовалась компактная фотокамера с матрицей 12 МП. На первоначальном этапе было сделано 45 последовательных перекрывающихся фотографий по периметру объекта (фото 1; 2; 3).



Фото 1. Навес справа



Фото 2. Навес посередине



Фото 3. Навес слева

На следующем этапе, полученные фотографии были обработаны при помощи свободно распространяемой программы для фотограмметрии Meshroom (рис. 1). В результате был получен файл формата OBJ, содержащий 3D геометрию.

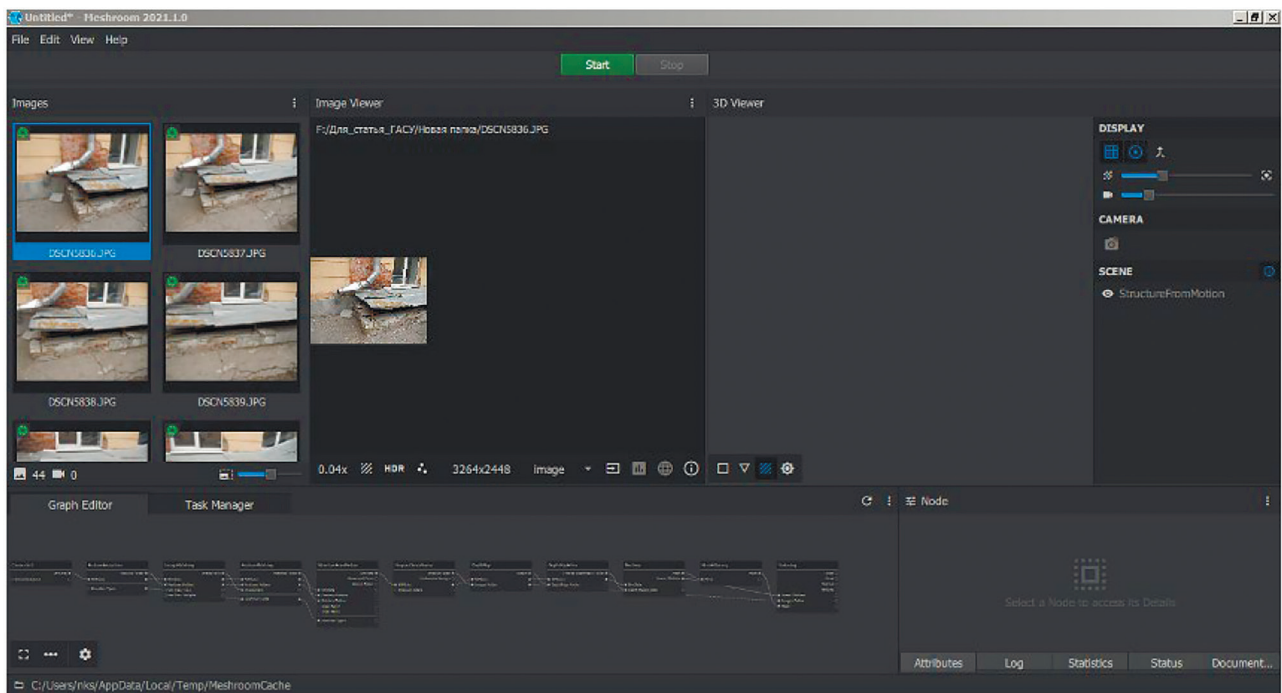


Рис. 1. Рабочая область программы Meshroom

Следующим шагом, используя свободно распространяемую программу MeshLab (рис. 2), файл формата OBJ был преобразован в формат STL для обеспечения возможности создания 3D-модели в САПР КОМПАС. Программа MeshLab также позволила за счет применения подходящих фильтров убрать лишние вершины и полигоны, уменьшив размер исходного файла более чем на порядок.

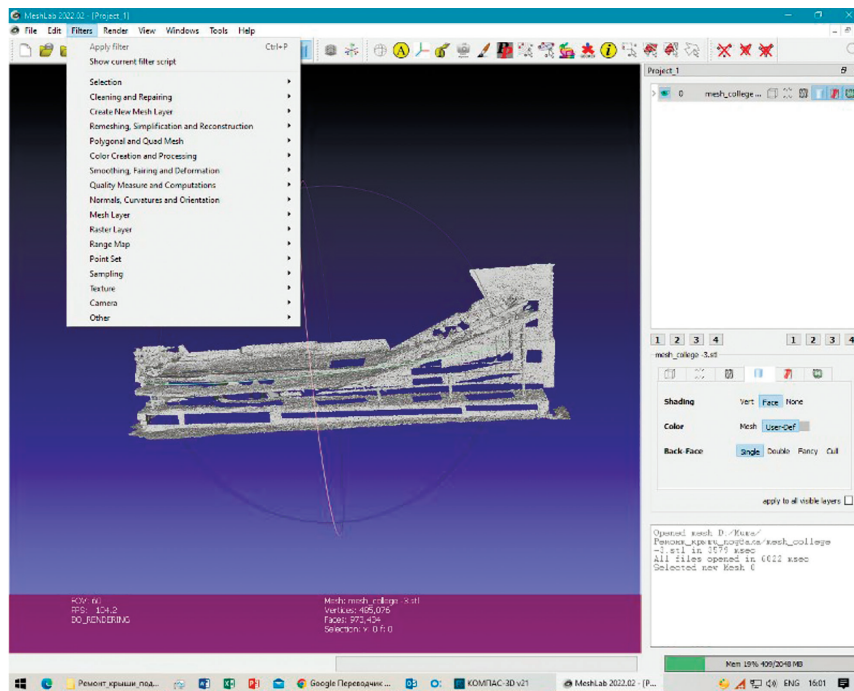


Рис. 2. Рабочая область программы MeshLab

Далее, используя инструменты КОМПАС-3D, была получена модель скатов навеса (рис. 3–5).

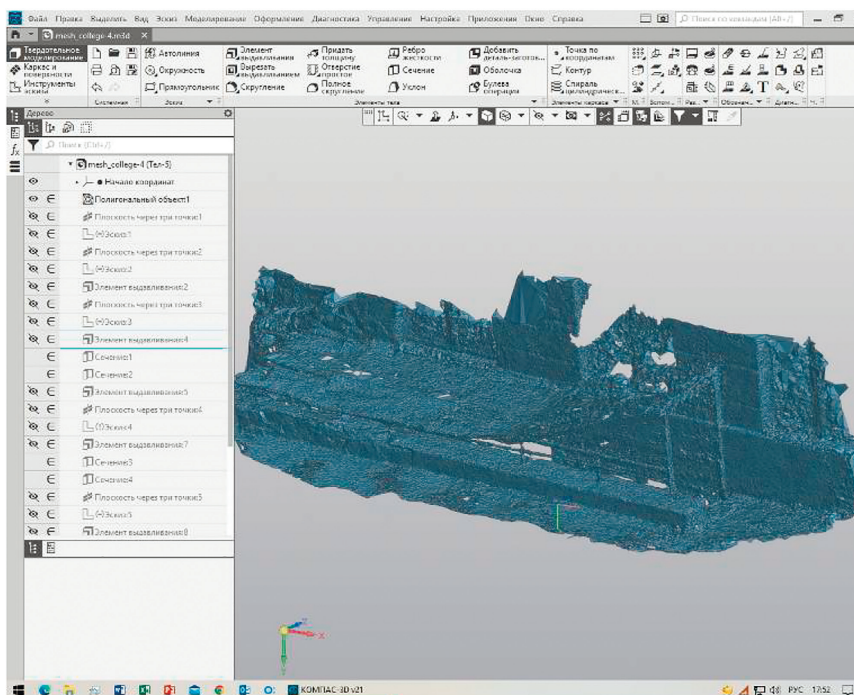


Рис. 3. Рабочая область КОМПАС-3D. Исходный импортированный полигональный объект

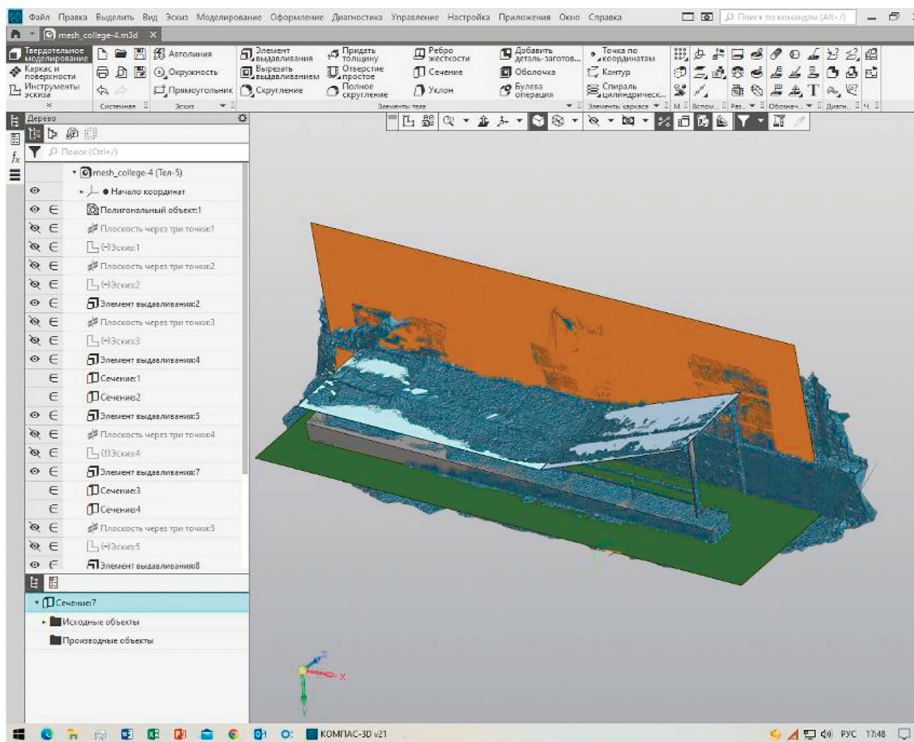


Рис. 4. Преобразование исходного объекта в 3D-модель

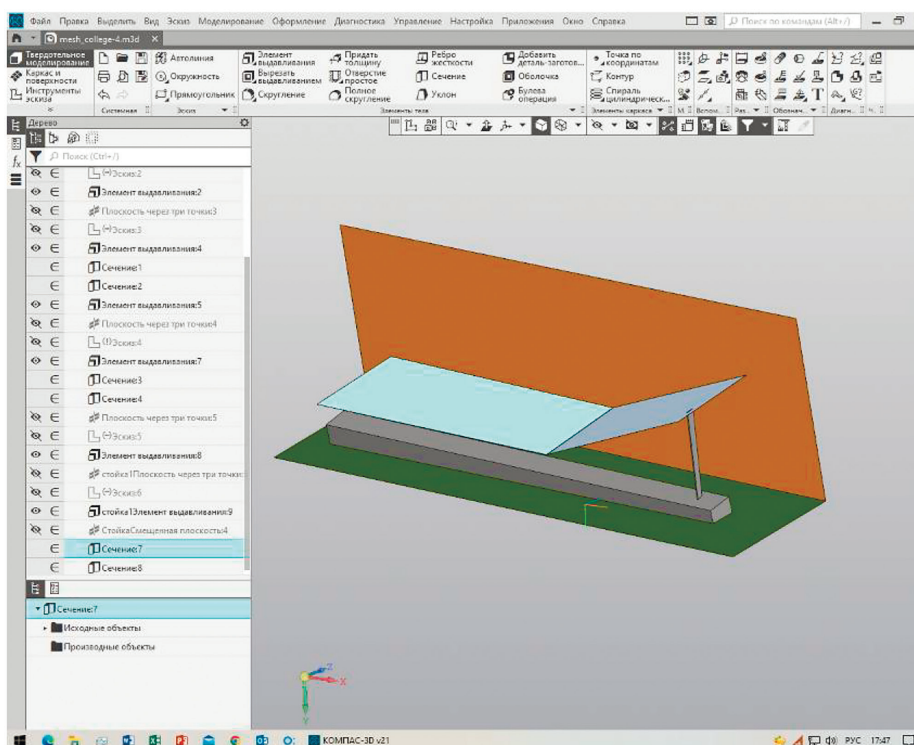


Рис. 5. 3D-модель скатов навеса

Полученные результаты. В результате после масштабирования модели была спланирована раскладка кровельных картин (деталей) с учетом выбора подходящих типов фальцевых соединений и их расположения на скатах в соответствии с технологическими особенностями, характерными для данного типа кровли в совокупности с узлами примыкания к стенам и желобом (рис. 6–8).

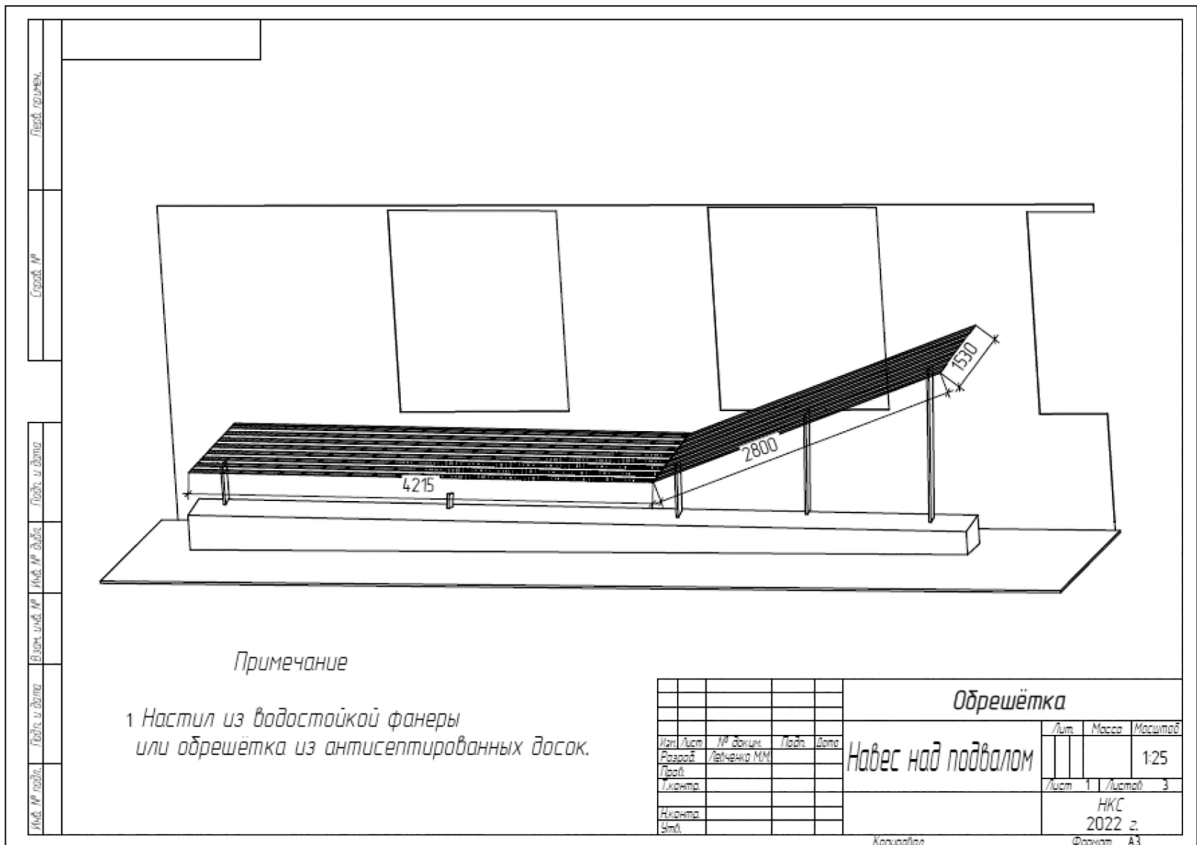


Рис. 6. Устройство настила/обрешетки

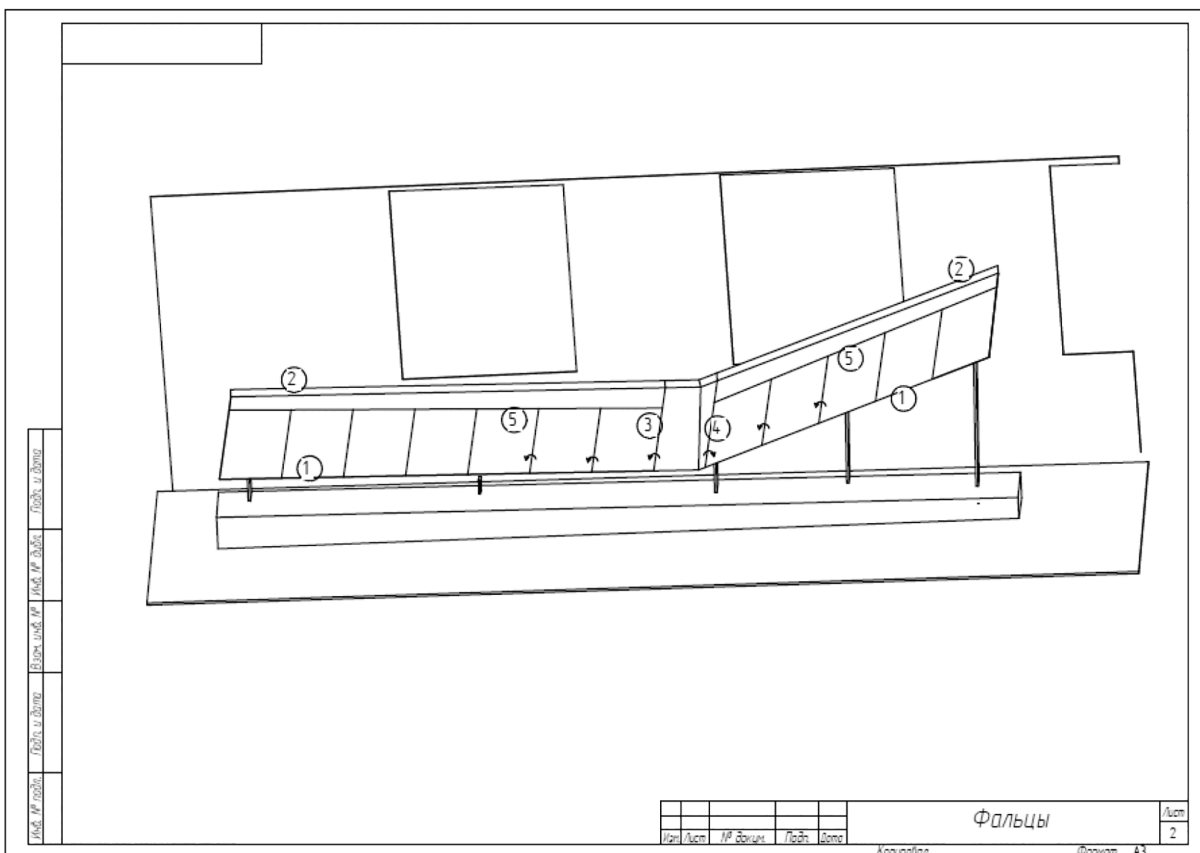


Рис. 7. Расположение фальцев

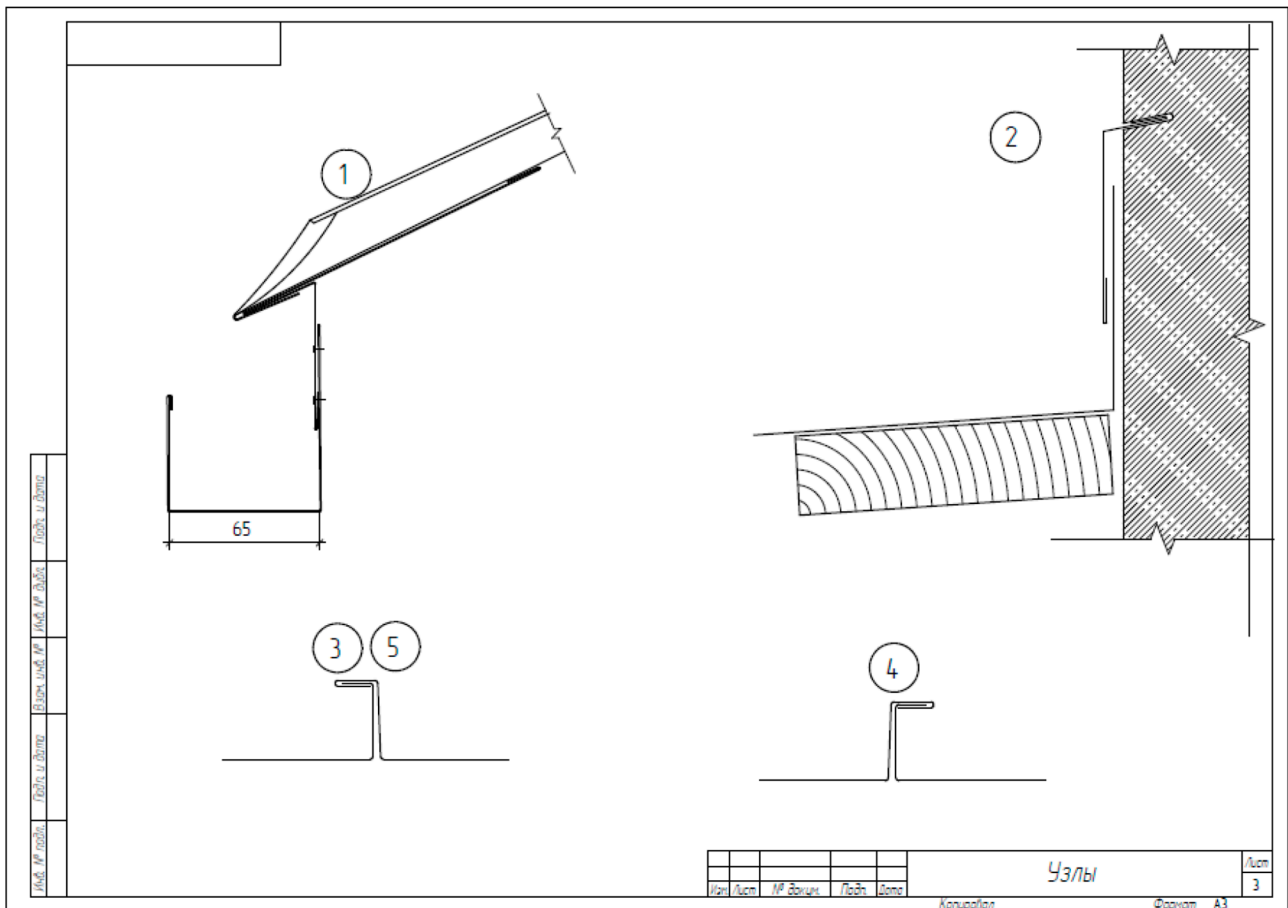


Рис. 8. Изображения типов фальцев, узла примыкания к стене и желоба

Контрольные замеры показали, что ошибка измерения составила около 15 мм. Таким образом, не смотря на относительно невысокие технические характеристики фотокамеры и небольшое количество снимков, были получены измерения достаточной точности, что позволило спроектировать металлическую фальцевую кровлю.

Вывод. Рассмотренный подход, подтвержденный проведенным экспериментом с использованием метода фотограмметрии, реализованного при помощи программ обработки изображений, может быть использован для проектирования металлических фальцевых кровель, в том числе и криволинейных форм. Для повышения точности измерений потребуется увеличить количество фотоснимков, обрабатываемых программой, создающей облако точек.

Литература

1. СП 17.13330.2017 Кровли.
2. RHEINZINK Руководство по устройству металлической кровли с применением техники фальца. М., 2-е издание, 2008.
3. UK Guide to Good Practice in Fully Supported Metal Roofing and Cladding 2nd Edition, Federation of Traditional Metal Roofing Contractors.
4. Нуштаев Ю. Технология двойного фальца. Трубы и проходки на кровле. К. : ЛОТОС, 2018 288 с.
5. Чибуничев А. Г. Фотограмметрия: учебник для вузов. М. : Изд-во МИИГАиК, 2022. 328 с.: ил.
6. Моделирование листовых деталей в системе КОМПАС-3D. Методические указания для студентов машиностроительных специальностей / А. В. Рандин, Д. А. Коршунов. Ульяновский государственный технический университет.

УДК 699.82:624.07:69.07:692.843

Виктория Александровна Мазур,
канд. техн. наук, доцент
Виктория Олеговна Киселева,
аспирант
(Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры)
E-mail: v.a.mazur@donnasa.ru,
v.o.kiseliova@donnasa.ru

Victoriia Alexandrovna Mazur,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Victoria Olegovna Kiseliova,
postgraduate student
(Donbas National Academy
of Civil Engineering and Architecture)
E-mail: v.a.mazur@donnasa.ru,
v.o.kiseliova@donnasa.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА ПОЛОВ КАРЕ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ

RESEARCH OF MODERN DESIGNING AND INSTALLING THE FLOORS OF TANK FARMS

Основной целью строительства резервуарных парков является не только обеспечение долговечности и ремонтпригодности всех сооружений, конструкций и инженерных систем, а также обеспечение необходимой защиты окружающей среды от загрязнения при эксплуатации парка и при чрезвычайных или аварийных ситуациях. В данной статье произведено исследование современного проектирования и устройства полов каре резервуарных парков. В работе представлены основные конструктивные решения полов каре резервуарных парков, рассмотрены особенности технологии устройства и организации работ. Представлены результаты регрессионного анализа, позволяющие прогнозировать трудоемкость и стоимость устройства полов каре с учетом объемно-планировочного решения резервуарного парка и конструктивного решения пола. Обоснована необходимость дальнейших исследований.

Ключевые слова: резервуарный парк, резервуар, пол каре, конструктивное решение, трудоемкость, стоимость.

The main purpose of the construction of tank farms is not only to ensure the durability and maintainability of all structures, structures and engineering systems, but also to ensure the necessary protection of the environment from pollution during the operation of the park and in emergency or emergency situations. This article is devoted to the design and installation of floors of tank farms. The paper presents the main design solutions of the floors of the tank farms, the features of the technology of the device and organization of work are considered. The results of regression analysis are presented, which make it possible to predict the labor intensity and cost of installing square floors, taking into account the space-planning solution of the tank farm and the constructive solution of the floor. The necessity of further research is justified.

Keywords: tank farm, tank, square of tanks, constructive solution, labor intensity, cost.

Необходимость строительства новых, а также ремонт и модернизация существующих резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов обусловлены ростом потребности предприятий в энергетических ресурсах. При этом основное внимание уделяется непосредственно проектированию и сооружению резервуаров и технологических систем, а конструктивные и организационно-технологические вопросы устройства полов каре и ограждений резервуарных парков изучены в меньшей степени. Помимо стандартных требований по прочности и технологичности к полам и ограждению каре предъявляются требования по обеспечению пожарной и экологической безопасности [1, 2].

В процессе анализа нормативных требований, технологических регламентов и научных исследований в данном направлении [2–5] установлено, что научно-обоснованные рекомендации по проектированию и устройству полов каре и ограждения резервуарных парков отсутствуют. В отечественной практике проектирования используют нормы по проектированию полигонов обезвреживания и захоронения токсичных отходов [6], что приводит к существенному увеличению стоимости, трудоемкости и, как следствие, продолжительности выполнения работ. Поэтому тема исследований является актуальной.

Резервуарный парк представляет собой площадку, на которой располагаются танки-емкости (рис. 1). Пространство между емкостями называется полом каре.



Рис. 1. Пример резервуарного парка

К производству работ по устройству полов каре резервуарного парка приступают после возведения резервуаров и прокладки основных подземных технологических систем.

Исходя из требований прочности, надежности, пожарной и экологической безопасности принципиальная конструкция пола состоит, как минимум, из трех слоев: основания, изоляционного и защитного слоев (рис. 2). Увеличение количества слоев объясняется технологическими требованиями или физико-химической несовместимостью материалов слоев пола. В таких случаях устраивают разделительные слои.

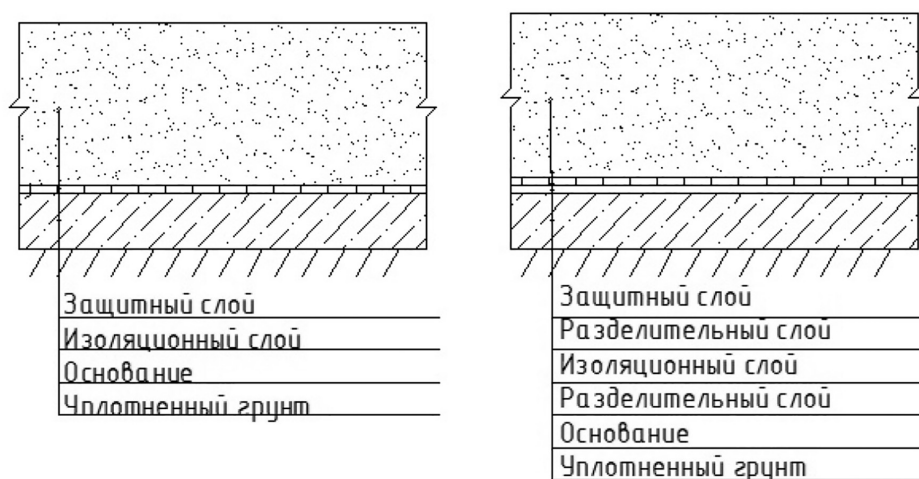


Рис. 2. Принципиальная конструкция пола каре с устройством промежуточных разделительных слоев и без него

Защитное покрытие представляет собой щебеночную, гравийную или песчаную отсыпку (рис. 1), бетонное (моноконтное или из сборных железобетонных дорожных плит) или асфальтобетонное покрытие, покрытие из тротуарной плитки или растительный слой.

Изоляционный слой выполняется из прокладных (пленка низкого давления, геомембрана, бентонитовые маты), мастичных (битум, жидкая резина и стекло) материалов, а также методом уплотнения слоя глины.

Выбор конструктивного решения каждого слоя влияет не только на технологию его выполнения, но и на продолжительность и сезонность выполнения работ.

Ввиду множества возможных конструктивно-технологических решений устройства полов каре для дальнейших исследований принимается вариант с прокладной изоляцией – геомембраной, как наиболее распространенный в строительной практике (рис. 3).

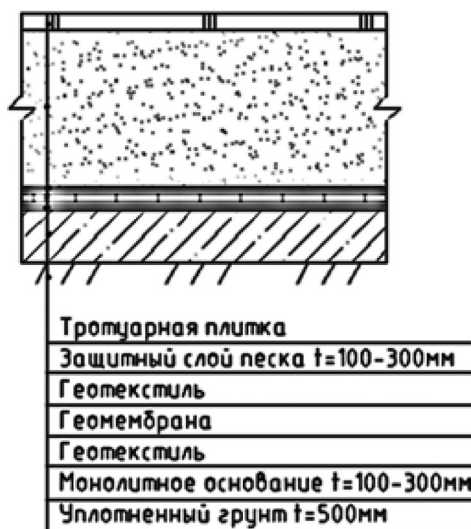


Рис. 3. Конструктивное решение пола каре

Также при выборе конструктивного решения пола каре необходимо учитывать мощность (суммарный объем резервуаров) и компоновку резервуарного парка, и площадь пола каре [7] (рис. 4).

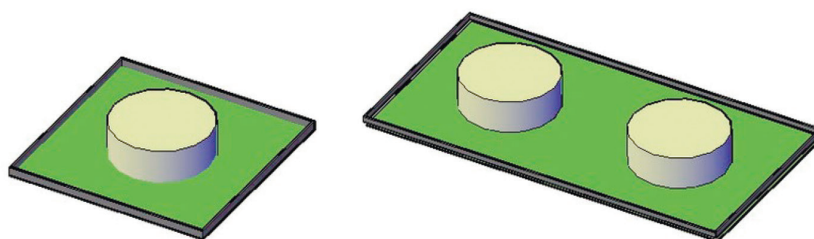


Рис. 4. Схемы компоновок одиночных и групповых резервуарных парков

Ранее выполненные исследования показывают необходимость выполнения отдельных исследований в части выбора конструктивно – технологического решения устройства полов каре отдельно для одиночных и групповых резервуарных парков.

Для прогнозирования изменения основных технико-экономических показателей устройства полов каре используется статистический метод [8–9].

В качестве параметров трехфакторной линейной множественной регрессии одиночных резервуарных парков принимаются следующие факторы:

- 1) $k_{\text{сл}}$ – количество слоев, шт. (min 3, max 6);
- 2) $t_{\text{осн}}$ – толщина основания, м (min 0,1 и max 0,3);
- 3) $V_{\text{рп}}$ – объем одиночного резервуарного парка, тыс. м³ (min 10, max 50).

Для групповых резервуарных парков была выполнена четырехфакторная линейная множественная регрессия. Первые три фактора были приняты как для одиночных резервуарных парков, четвертым фактором выступает $k_{\text{емк}}$ – количество емкостей в резервуарном парке, шт. (min 2, max 4).

Ввиду специфики компоновки резервуарных парков отдельными емкостями, показатели фактора $V_{\text{рп}}$ (тыс. м³) разделялись на три группы по емкости:

- для одиночного резервуарного парка: первая группа: $10 \leq V_{\text{рп}} < 30$; вторая группа: $30 \leq V_{\text{рп}} < 40$; третья группа $40 \leq V_{\text{рп}} < 50$;
- для группового резервуарного парка: первая группа: $10 \leq V_{\text{рп}} < 20$; вторая группа: $20 \leq V_{\text{рп}} < 30$; третья группа $30 \leq V_{\text{рп}} < 50$.

В результате получены уравнения множественной регрессии (см. табл. 1–2).

Таблица 1

**Уравнения множественной регрессии
для прогнозирования изменения трудоемкости устройства полов каре**

$V_{\text{рп}}$ по груп- пам	Уравнение регрессии трудоемкости		Коэффициент корреляции (R^2)	
	Одиночных резервуарных парков	Резервуарных парков в группе	Одиночных резервуарных парков	Резервуарных парков в группе
1	$T_1 = -1889,56 + 340,7 \times k_{\text{сл}} + 3116 \cdot t_{\text{осн}} + 94,64 \cdot V_{\text{рп}}$	$T_1 = -9028,45 + 808,24 \cdot k_{\text{сл}} + 9498,78 \cdot t_{\text{осн}} + 1452,2 \cdot k_{\text{емк}} + 283,89 \cdot V_{\text{рп}}$	0,9428	0,88
2	$T_2 = -6044,44 + 626,35 \times k_{\text{сл}} + 5729,72 \times t_{\text{осн}} + 172,87 \cdot V_{\text{рп}}$	$T_2 = -10993,2 + 1167,11 \cdot k_{\text{сл}} + 13232 \cdot t_{\text{осн}} + 2072,06 \cdot k_{\text{емк}} + 171,08 \cdot V_{\text{рп}}$	0,9644	0,899
3	$T_3 = -2998,72 + 815,39 \times k_{\text{сл}} + 459,11 \cdot t_{\text{осн}} + 66,81 \cdot V_{\text{рп}}$	$T_3 = -20557 + 1733,51 \cdot k_{\text{сл}} + 19785,2 \cdot t_{\text{осн}} + 2949,3 \cdot k_{\text{емк}} + 273,5 \cdot V_{\text{рп}}$	0,985	0,892

Таблица 2

**Уравнения множественной регрессии для прогнозирования
изменения стоимости устройства полов каре**

$V_{\text{рп}}$ по груп- пам	Уравнение регрессии стоимости		Коэффициент корреляции (R^2)	
	Одиночных резервуарных парков	Резервуарных парков в группе	Одиночных резервуарных парков	Резервуарных парков в группе
1	$C_1 = -4709,26 + 733,42 \times k_{\text{сл}} + 10570,8 \cdot t_{\text{осн}} + 251,65 \cdot V_{\text{рп}}$	$C_1 = -23307,8 + 1742,27 \cdot k_{\text{сл}} + 30193,1 \cdot t_{\text{осн}} + 3999,71 \cdot k_{\text{емк}} + 754,91 \cdot V_{\text{рп}}$	0,9428	0,8905
2	$C_2 = -15493,2 + 1350,17 \times k_{\text{сл}} + 19433,5 \cdot t_{\text{осн}} + 459,67 \cdot V_{\text{рп}}$	$C_2 = -28214,4 + 2515,85 \cdot k_{\text{сл}} + 42383,5 \cdot t_{\text{осн}} + 5572,13 \cdot k_{\text{емк}} + 454,91 \cdot V_{\text{рп}}$	0,956	0,9097
3	$C_3 = -7219,39 + 1757,69 \times k_{\text{сл}} + 25299 \cdot t_{\text{осн}} + 177,65 \cdot V_{\text{рп}}$	$C_3 = -53167,7 + 3736,79 \cdot k_{\text{сл}} + 63141,6 \cdot t_{\text{осн}} + 7951,12 \cdot k_{\text{емк}} + 727,26 \cdot V_{\text{рп}}$	0,9703	0,9011

Согласно полученным данным регрессионного анализа F -критерий Фишера при устройстве одиночных резервуарных парков варьируется от 21,98 до 87,61, при групповых резервуарных парках – от 20,19 до 27,69. Для трехфакторной регрессии табличное значение F -критерия Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$ составляет 19,16, для четырехфакторной – 3,48.

Расчетные значения F больше табличных, следовательно, уравнения регрессии признаются адекватными.

Выполненные исследования позволяют построить графики зависимости основных технико-экономических показателей от объема и компоновки резервуарного парка (см. рис. 5 и 6).

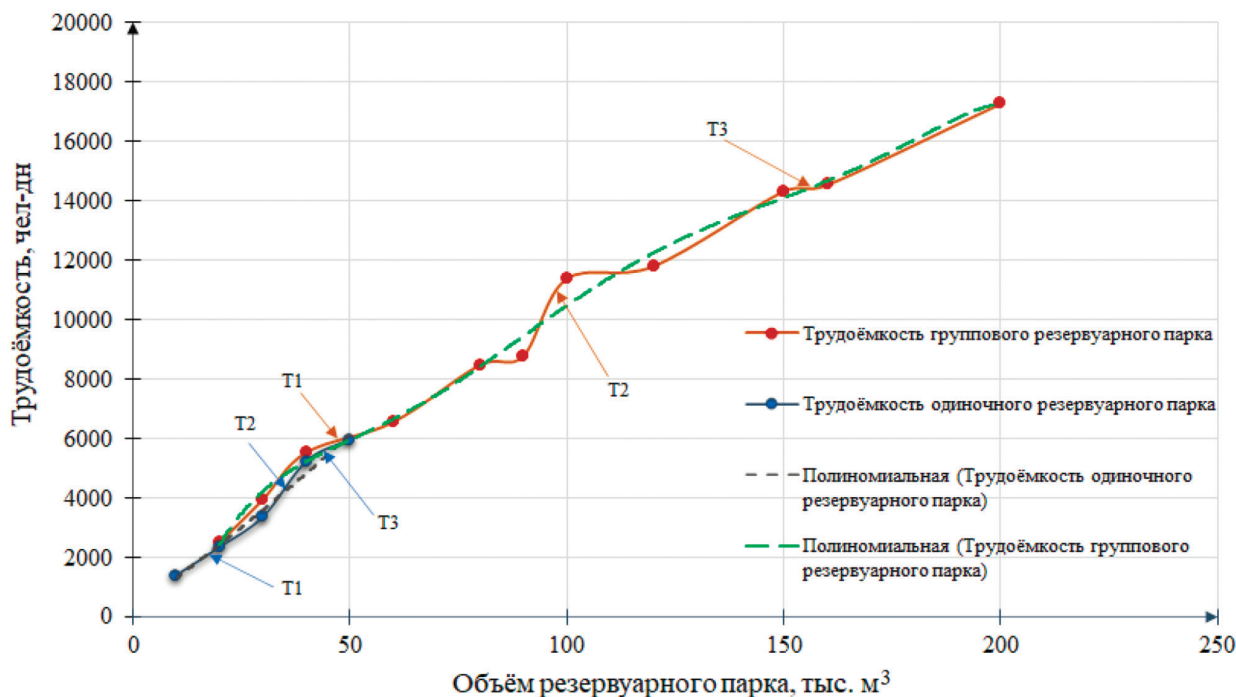


Рис. 5. График зависимости трудоемкости устройства полов каре от объема резервуарного парка

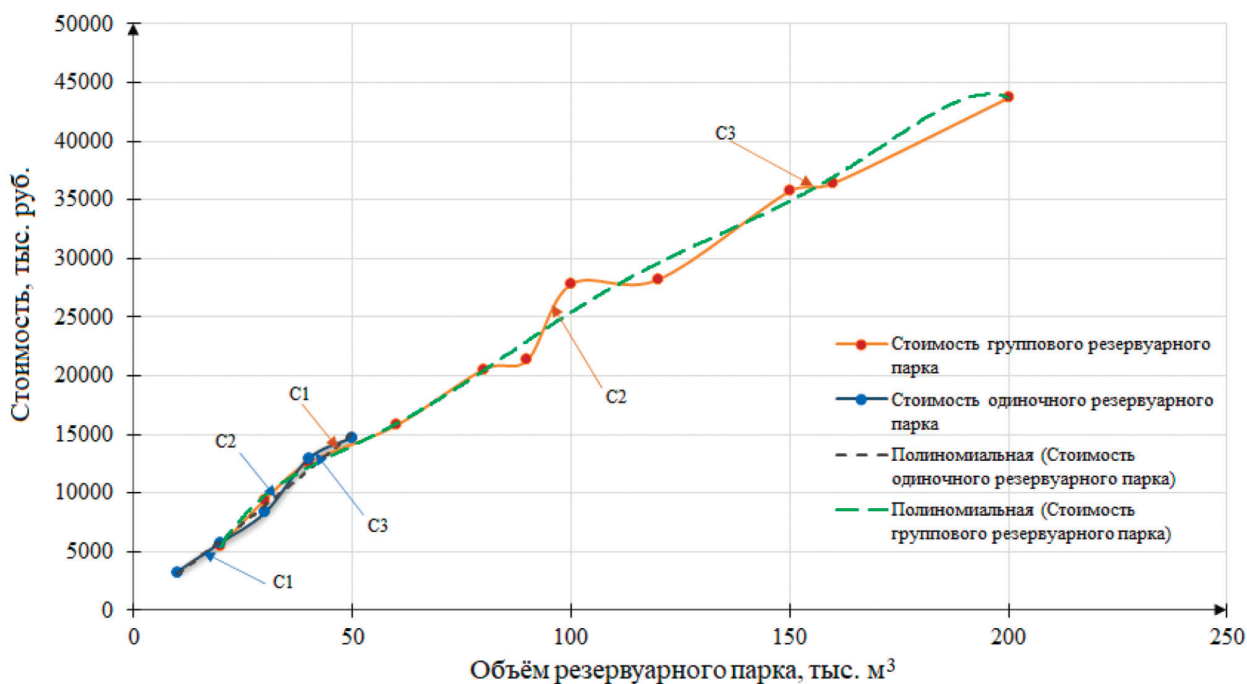


Рис. 6. График зависимости стоимости работ по устройству полов каре от объема резервуарного парка

Анализ результатов построенных графиков показывает, что при укрупненном планировании устройства полов резервуарных парков полученные регрессионные модели применимы для групповых парков применимы и для одиночных парков.

Необходимы дальнейшие исследования для других конструктивно-технологических решений устройства полов в резервуарных парках и их оптимизации.

Литература

1. ГОСТ Р 53324-2009. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности. М. : Стандартинформ, 2009. 11 с.
2. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности. М. : МЧС России, 2014. 42 с.
3. *Грознов Г. А.* Строительство нефтебаз и автозаправочных станций. М. : Недра, 1980. 77 с.
4. *Шишкин Г. В.* Справочник по проектированию нефтебаз. М. : Недра, 1978. 216 с.
5. *Пектемиров Г. А.* Справочник инженера и техника нефтебаз. М. : Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. 325 с.
6. СП 127.13330.2017. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. Актуализированная редакция СНиП 2.01.28-85. М. : Стандартинформ, 2017. 30 с.
7. *Мазур В. А., Киселева В. О.* Влияние компоновки зоны хранения в резервуарных парках на выбор конструктивно-технологического решения устройства защитного барьера. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. № 6(140). С. 34–39.
8. *Дрейнер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ: В 2-х ч. М. : Финансы и статистика, 1986. 353 с.
9. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М. : Мир, 1980. 456 с.

УДК 692.699.86

Надежда Владимировна Розанцева,
канд. техн. наук, преподаватель
Рустам Тальгатович Гайнетдинов,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: qq_89@list.ru,
76volna@mail.ru

Nadezhda Vladimirovna Rozantseva,
PhD in Sci. Tech., lecturer
Rustam Tal'gatovich Gainetdinov,
Master's degree student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: qq_89@list.ru,
76volna@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE DEVICE OF VENTILATED FACADES

История разработки технологии вентилируемых фасадов, до сих пор оспаривается разными странами и учеными. Технология вентилируемых фасадов в России успешно развивается. Комплекующие для вентилируемых фасадов уже давно производятся на заводах нашей страны: теплоизоляционные материалы, направляющие ветро- и влагозащитные пленки и различного рода облицовочные материалы от самых распространенных композитных покрытий, керамогранитных, фиброцементных, до металлокассет, бетонной и клинкерной плитки под кирпич и натурального камня. Мы привыкли видеть вентилируемые фасады исключительно как разбивку на прямоугольные элементы, однако по факту эта технология значительно шире и разнообразнее. В данной статье произведено исследование вентилируемых фасадов, установлены достоинство и недостатки.

Ключевые слова: технология монтажа, фасады, алюминиевые направляющие, клинкерная плитка, воздушная прослойка, энергосбережение.

The history of the development of ventilated facades technology is still disputed by different countries and scientists. The technology of ventilated facades in Russia is successfully developing. Components for ventilated facades have long been manufactured in the factories of our country: thermal insulation materials, guiding wind and moisture-proof films and various kinds of facing materials from the most common composite coatings, porcelain stoneware, fiber cement, to metal cassettes, concrete and clinker tiles for bricks and natural stone. We are used to seeing ventilated facades exclusively as a breakdown into rectangular elements, but in fact this technology is much broader and more diverse. However, it has not only advantages, but also disadvantages.

Keywords: installation technology, facades, aluminum guides, clinker tiles, air layer, energy saving.

Введение. Есть мнение что, эту технологии впервые начали применять еще в Средние века в Норвегии, с целью повышения как бы сейчас сказали энергосбережения, стены амбаров и конюшней снаружи обшивали деревянными дранками, закрепляемыми на некотором расстоянии от основной стены, что создавало дополнительную воздушную прослойку, дающую определенный эффект в условиях сурового норвежского климата. Идея, несомненно, летала в воздухе и один из первых ее воплотил Ле Корбюзье, на вилле Швоб, одна из стен имела двойные стены, между которыми была смонтирована сеть теплорегулирующих трубок. Современное решение вентилируемых фасадов было применено в США, в 1952 году в Питсбурге, а позднее в 1963 году Кирби Гарден из Канады впервые разработал технологическую карту на данную технологию [1].

В России вентилируемые фасады начали активно устанавливать последние 15 лет, и с каждым годом их применение становится все популярнее, расширяется и вариативность применяемых отделок. Их применяют для того, что бы сохранить тепло и сократить повышенную влажность, шумоизолировать вновь построенные и реконструированные здания и сооружения, придать виду здания красивый, законченный и аккуратный вид, во время строительства на стены монтируется навесной вентилируемый пирог фасада, включающий, направляющие,

ветровлагозащиту с утеплением и без утепления негорючей теплоизоляцией и верхний отделочный слой. Максимальная толщина утеплителя может составлять до 350 мм [2].

Технология монтажа навесных фасадов, обладает несомненными преимуществами: практически не требует особой подготовки основания стены, и позволяет монтаж практически на любое основание от дерева до бетонов, она не требует предварительного выравнивания стен, в технологии отсутствуют «мокрые» операции, что позволяет выполнять работы практически всесезонно. Но как говорится, в каждой бочке меда бывает и своя ложка дегтя.

Цель работы: на основании проведенного аналитического исследования существующих в России технологий монтажа, темпов строительства, собственного опыта работы и общедоступных сведений из источников прессы, выявить наиболее проблемные элементы технологии монтажа вентилируемых фасадов, факторы, осложняющие расширение рынка применения и разработать организационно-технологическую схему производства работ, с учетом требований ГОСТ, ВСН и других технологических регламентирующих документов.

Объект исследования: организационно-технологические параметры устройства вентилируемых фасадов.

Материалы и методы. Существует достаточно большое количество вариантов внешней отделки [3]:

- самый распространенный керамогранит, с направляющими из нержавеющей стали, эта система может быть образцово показательной по долговечности, система разработана на сегодняшний день с тремя вариантами крепления: открытое, скрытое, и имитация скрытого крепления;

- фиброцементные плиты, с широким вариантным выбором фактур, и расцветок, с вариацией крепления *T*, *П* и *L* – образными, и делящимися на вертикальные, перекрестные, оцинкованные и даже межэтажные, и плиты перекрытия;

- фиброцементные панели, в отличие от предшественников обладают не только различной фактурой, но и сравнительно низким весом, система крепления у них значительно проще: на саморезы, клей, кайлы и кляммеры, однако применение их не так распространено из-за свойств слабой горючести;

- металлокассеты, открытого или закрытого типа крепления, имеющие доборные элементы и декоративные вставки;

- композитные панели, типа «Алюкобонд», наглядным примером может служить башня Федерация в Москва-Сити; материал, в отличие от предыдущих, легко поддается изгибанию и фрезеровке, к недостаткам можно отнести неоднородность и слабую горючесть материала;

- натуральный камень, широко применим на общественных зданиях, как в отделке цокольной части, так и основной плоскости фасадов, тип крепления вертикальный, межэтажный, горизонтально-вертикальный;

- бетонная плитка;

- стеклофибробетон;

- панели *HPL*, слабогорючий, слоистый пластик;

- клинкер под затирку, позволяющий достаточно точно имитировать кирпичные стены, в данном типе, крепление не имеет смысла;

- клинкер без затирки, система надежно крепится за счет рядной и стартовой планок.

Рынок вентилируемых фасадов постоянно расширяется, этому способствует достаточно хорошо проработанная технология, простота логистических решений, не требующая

специальной техники при доставке, долговечность, при правильном соотношении и подборе строительных материалов, высокие эксплуатационные показатели [4].

Последнее время все комплектующие, на 90 % производятся в России, необходимо учесть, что в отличие от Европы, предпочитающей направляющие из алюминиевых сплавов, в России, в основном получили широкое распространение стальные навесные системы, и связано это и с необходимостью рассчитывать устройство стенового пирога на более высокие показатели теплосопротивления, требующие увеличения толщины утеплителя, и как следствие величины воспринимаемой нагрузки, так и значительно большую эксплуатационную долговечность последних (основную обязанность по обслуживанию домов общего проживания в Европе выполняет собственник, а в России государство). В этом есть свои плюсы и минусы, несомненно. В Европе значительно ниже требования по огнестойкости¹ [5, 6].

Количество производителей и фирм растет год от года, попробуем перечислить наиболее известные: ООО «Компания Металл Профиль», ООО «ТехноНиколь», ООО «PAROC», ООО «Фасады МСК» (КРАСПАН), ООО «АлюмСтрой», ООО «Норд-Фасад», ООО «Алюстэк-Фасад», ООО «СИБАЛЮКС Ресурс», Компания «Альтернатива», ООО «АЛКОТЕК», Компания «Техноком» и многие другие.²

На основании общедоступных сведений, публикуемых компаниями, а также личных данных, одного из авторов статьи, можно предположить, что за последний год объем строительства и реконструкции зданий с применением системы навесных фасадов увеличился на 9,2 % по отношению к прошлому году³.

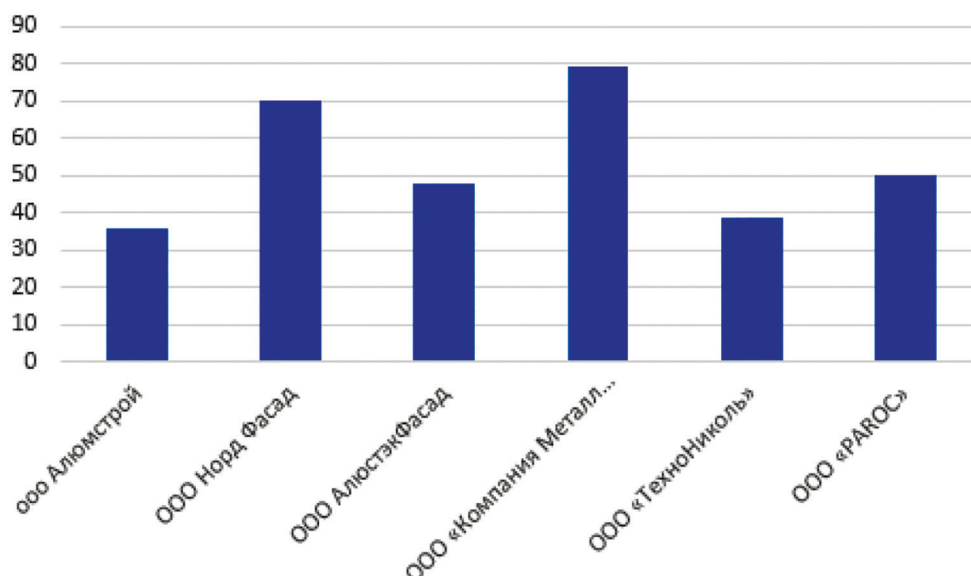


Рис. 1. Объем строительства и реконструкции зданий с системой навесных вентилируемых фасадов за 2022 год

¹ СП 112.13330.2011

² <https://rosbuild-expo.ru/ru/exhibition/about/>

³ <https://drgroup.ru/1024-Analiz-rynka-ventiliruemykh-fasadov-v-Rossii.html/>

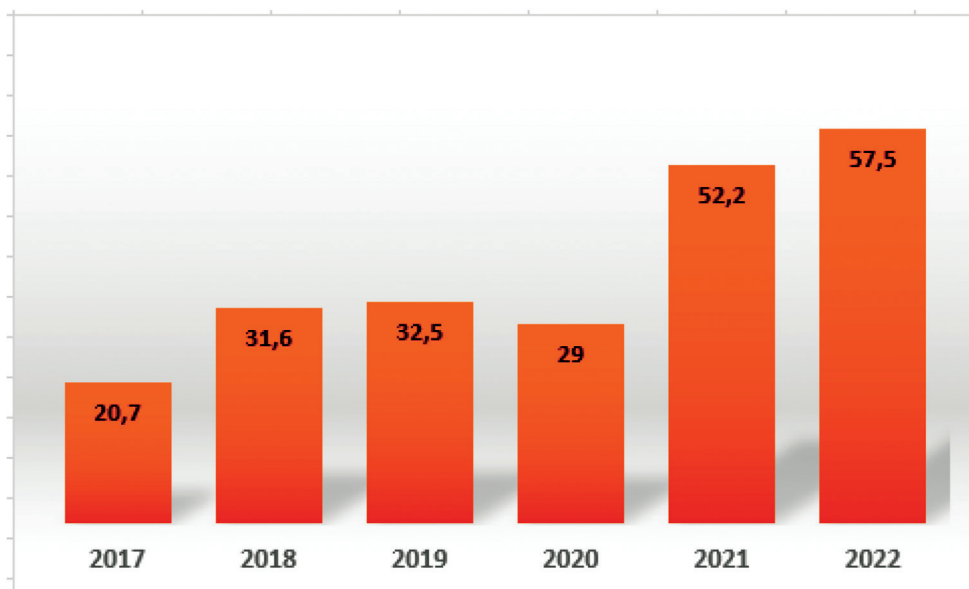


Рис. 2. Рост объема монтажа навесных фасадов в России с 2017 по 2022 годы, в млн кв. метров

Конечно, такие объемы строительства являются хорошим показателем качества работ.

Организационно подготовительная часть, оказывает особое влияние на продолжительность выполнения работ, на конечную стоимость и эксплуатационную надежность конструкции навесного фасада. Это первый этап всей организации строительства. В условиях производства работ в городской среде, а особенно при реконструкции или реставрации фасадов в стесненных условиях принятие решения по организации разработки стройгенплана, и строительной площадки имеет очень важное значение, принимаются решения:

- увязки решений стройгенплана с принятой технологией производства работ, установленными сроками строительства, плотной уличной сетью и городской застройкой;
- расположение основных грузоподъемных механизмов, мачтовых подъемников, например в строительной организации «Алюмстрой», применяют мачтовые подъемники Scanclimber SC1300, подвесные люльки, и другое оборудование и оснастку;
- разработка прокладки внутриплощадочных дорог по наикратчайшему пути, но с обеспечением безопасного прохода рабочих и проезда транспорта, разъездов и разворотов, задач совмещения временных дорог с существующими и постоянно действующими;
- максимального сокращения затрат на устройство и содержание элементов строительной площадки при обязательном обеспечении их производственного и социально-бытового назначения.

Не будем в одной статье подробно останавливаться на полной технологии монтажа, перечислим только основные организационные этапы, уже после получения разрешения на строительство, соответственно в случае нового строительства возведения самого объекта (необходимо дополнительно учесть, что каждый этап работ сопровождается актами на производство работ, установку подмостей, лесов, мачтовых подъемников, всего, испытаний поступающего используемого при монтаже, крепежа на отрыв):

1. Выполняется геодезическая съемка оконных и дверных проемов, стен, надстроек на предмет допустимых и недопустимых отклонений.

2. На основании технического задания от заказчика разрабатывается проектная документация с узлами.

3. Разрабатывается график производства работ.

4. Данный проект необходимо согласовать с главным архитектором проекта и заказчиком.
5. Разрабатывается КМД (распил), производят разметку существующего фасада здания под монтаж.



Рис. 3. Фасад здания ЖК «Черная речка», ул. Белоостровская

Готовность объекта к монтажу проверяется прорабом монтажной организации, которая будет производить монтажные работы, о состоянии готовности объекта и приемке строительной площадки должна быть сделана запись в журнале производства работ. Прораб также обязан произвести осмотр монтажных механизмов, монтажных средств, инструментов и приборов, проверить их комплектности, техническое состояние и готовность к монтажу. Далее происходит монтаж.

Практика производства работ показала, что для сокращения «мостиков холода» лучше применять кронштейны с термовставками, из алюминиевых сплавов и оцинкованной стали толщиной стенок 0,7 мм – 1 мм.

Производство фасадных работ в России регулируется целым рядом Нормативных документов и федеральных законов: 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», 384-ФЗ от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие здания. Характеристики теплотехнических неоднородностей» и многие другие [7-10].

Рассмотрим основные организационные проблемы при производстве строительного-монтажных работ.

Одна из первых проблем. Организационно технологическая.

Аргументом при выборе фасадного решения, против вентилируемых фасадов служит более высокая, по сравнению с другими вариантами, стоимость такой отделки.

Как и любая отрасль народного хозяйства, строительство тесно связано с динамикой колебания средних цен на материалы, в частности фасадные строительные материалы. В начале 2022 года она была весьма существенной, сказались и последствия пандемии и особая ситуация, общий скачок цен на рынке по сравнению с 2019 годом (до начала спада в пандемию), цена за квадратный метр полного комплекта материалов выросла на 121 %, в результате стоимость 1 метра квадратного выросла выше 13 тысяч рублей, соответственно из-за подорожания материалов, к сожалению, сильно выросла и стоимость СМР [11,12]. Работать с подвесных люлек, особенно на высоких зданиях очень неудобно и медленно, так же в люльку не загрузить достаточное количество упаковок утеплителя; устройство лесов, это дополнительная нагрузка, как в прямом смысле слова, так и на сметную стоимость.

В связи с непростым положением страны в последнее время, многие работодатели, в частности «Алюмстрой», снизили стоимость работ, примерно на 10–15 %. Но снижение стоимости разработанной технологии, полностью основывается на прямых затратах, и снизить возможно только тремя путями: снизив стоимость материала, стоимость аренды техники или затраты на заработную плату. Это привело к приливу на объекты монтажников с низким уровнем опытности в данной сфере, и как следствие понижение уровня качества выполнения работ, увеличения травмоопасности при монтаже.

При производстве оценки выбора решения фасадной системы, необходимо учесть, что в случае полного соблюдения технологии, и применении качественных материалов, срок эксплуатации вентилируемого фасада, при незначительных ремонтных работах значительно дольше чем у мокрого фасада, вентфасад снижает эксплуатационные затраты на отопление, и даже способен продлить срок жизни здания, и это несомненно плюс.

Проблема контроля качества. Тепловой контур должен быть закрыт, то есть должны быть смонтированы окна, оформлены монтажные швы с нанесением обмазочной гидроизоляции. Отметка низа утеплителя фасада должна совпасть с отметкой верха утепления благоустройства, иначе появится мост холода, такое случается при несогласовании проектов. Минимальный зазор между утеплителем и облицовкой фасада должен составлять не менее 40 мм, иначе циркуляция воздуха будет нарушена.

Нельзя использовать при монтаже кронштейны из алюминия, так как у алюминиевых кронштейнов коэффициент теплотехнической однородности ниже, чем у стальных, нельзя использовать при монтаже кронштейнов анкера без цинкосодержащего покрытия, так как необходимо избежать коррозии. Очень долгий момент времени, отделка проемов также была существенным минусом данной технологии.

Подрядчик не принимает фронты работ под монтаж навесных вентилируемых фасадов, по причине недопустимых отклонений соосности стен фасада (особенно стен из кирпича), оконных и дверных проемов, что не позволяет установить на проемы пожарные отсечки.

Проблема сохранности материалов на приобъектных складах и в процессе монтажа. Проблема связана с обеспечением поточной организации строительства, которая в идеале, способствует слаженной работе, максимальной производительности при минимальных затратах. Согласно технологическому регламенту [13], необходимое количество материала на приобъектном складе рассчитывается из условия 3–5 непрерывных дней монтажа, в соответствии с этим производится планирование складских площадей на строительном

генеральном плане и разработка сетевого графика на поставку материала. Однако, точность поставки соблюдается не всегда, очень часто график параллельной поставки материалов и крепежа не соблюдается. *Проблема первая*, заказчик вынужден брать материал с «запасом»: нужно выделить дополнительные складские места, при этом желательно в монтажной зоне, так как частое перемещение материалов по строительному объекту приводит к его порче, и организовать сохранность. *Проблема вторая*: необходимость слаженной работы при параллельном монтаже утеплителя, ветровлагозащитной мембраны, направляющих и облицовочного слоя с учетом погодных условий. Смонтированный материал утеплителя требует обязательной защиты ветровлагозащитной мембраной и внешним облицовочным материалом от атмосферных осадков, максимум в течение 30 дней летом и не более 1,5 недель в весенне-осенний период. *Результат*: длительное хранение, отсутствие поточности организации работ, отсутствие облицовочного слоя, даже при наличии мембраны (которая тоже может терять свои эксплуатационные качества) не предотвращает впитывания влаги, и даже самый качественный материал теряет свои качества. Период высыхания каменной ваты очень длительный, в течение нескольких месяцев, мокрая минеральная вата утрачивает свою функцию теплоизоляции, материал теряет свою структуру, а в худшем случае образовывается грибок, мох, который постепенно переходит на стены (см. рис. 4).



Рис. 4. Дефекты утеплителя: 1, 3 – потеря структуры материала; 2 – обрывы ветровлагозащитной мембраны; 4 – образование мха и черной плесени в долгоскладируемом материале

Немаловажно, сделать временное покрытие парапета для отсечки попадания атмосферных осадков между теплоизоляцией и стеной здания.

Проблема третья: исходя из ранее перечисленного, и требования перевязки швов при укладке утеплителя, во время производства работ образовывается очень много строительного мусора, в среднем до двух пухто объемом 27 куб. м в неделю.

Архитектурное однообразие. Большинство из нас привыкли видеть навесные фасады исключительно в виде прямоугольных панелей, с рустовкой на местах стыков, в связи с противопожарными нормами, и однообразные оконные примыкания, что внушает мысль об однообразии решения. На память приходят нелепые архитектурные сооружения не вписавшиеся в историческую часть города, например здание на пересечение улицы Савушкина и Шишмаревского переулка. Мрачное, со смотрящимися как бойницы окнами, в жутких темных квадратах на фоне трехэтажных голубых домиков. И это, конечно, существенный

минус для выразительного решения наших городов, однако уже давно существуют системы вполне имитирующие различные варианты отделки, даже под кирпичную кладку, с разрезкой дополнительными элементами, почти полностью позволяющими имитировать фасады исторической застройки [14], и это несомненно плюс. Навесной фасад может быть неординарным и ярким, например, как фасады Москва–Сити. Главное не переусердствовать с количеством глянцевых поверхностей, чтоб избежать ситуацию с одним из Лондонских небоскребов, фасад которого, полностью облицованный глянцевым стеклом параболической формы, неоднократно в солнечные дни оплавлял оставленные рядом автомобили [15].

Еще один серьезный вопрос, который, может быть решен в этом случае: утепление фасада, повышение класса здания по энергосбережению, продление срока службы и требований по сохранению «Традиционных цветов Санкт-Петербурга», при проведении ремонтных работ и переоборудовании фасадов [16].

Что же касается такого, в общем-то, не эстетического решения обрамления окон, по требованиям пожарной безопасности, то биметаллический композитный материал Stalex, прошедший натурные огневые испытания, позволяет обустройство обрамлений оконных примыканий без стальных отсечек [17].

Пожарнебезопасность вентилируемых фасадов [18]. Каменную и базальтовую вату позиционируют как негорючий материал, ветровлагозащитная мембрана, типа «TEND KM-0», тоже относится к негорючим материалам, керамогранит явно не является пожароопасным материалом, значит, фасад полностью пожаробезопасен? Однако, печальная статистика показывает, что в среднем в России за год сгорает не менее 35–40 фасадов, и начинающийся как локальный пожар в одной из квартир, или при производстве кровельных работ, в скором времени пламенем становится охвачен весь фасад, горел в свое время и Грозный Сити, впоследствии переименованный в «Феникс». Наличие воздушного канала, способно сыграть злую шутку, работая как тяга, раздувающая языки пламени. Второй, но значительно реже встречающейся причиной может служить монтаж в качестве облицовки композитных материалов на полимерной основе, разрешенных в жилищном строительстве, но с определенными требованиями, соблюдения конструктивных решений.

Известны ситуации, когда пожар, случайно возникший в одной из квартир нижних этажей, приводит к полному выгоранию не только сверху расположенной квартиры, но и полностью всего фасада. Как не странно, но каменные ваты и мембраны ветрозащиты прекрасно горят, подвержены возгоранию алюминиевые композитные панели, с PIR утеплителем, они возгораются уже при 120 градусах с выделением токсичных дымовых газов.

Мы уже упоминали, о запрете применения алюминиевых навесных систем, но попытки сократить затраты на устройство вентфасадов, как правило сказываются на желании удешевить материалы, и опять-таки в соответствии с тендером, выбирают материал самой низкой ценовой линейки. Применение алюминиевых конструкций приводит к обрушению систем уже при температуре 250 градусов (сайте ГК «Металл-Профиль»)⁴, то есть любой даже незначительный пожар приводит к обрушениям. В связи с вышеперечисленным можно упомянуть, что применение ветровлагозащитных пленок низкого качества, да и еще с монтажом не всегда отвечающим требованиям качества, уже становится повседневностью.

Хотя требования Технического регламента четко прописывают, что во избежание пожароопасности конструкцию фасада, по всему периметру должны рассекают горизонтальные стальные отсечки, полностью перекрывающие воздушный зазор [19, 20].

⁴ <https://spb.metallprofil.ru/>



Рис. 5. Последствия пожара на вентилируемом фасаде

Обрушение фасадных систем

Перечислим наиболее часто встречаемые дефекты навесных фасадов: не соблюдение параллельности рустовки, выгиб кассет, из-за неправильной выверки направляющих, погнутые, разрушенные узлы крепления, в том числе и из-за естественного износа крепежной системы, не соответствия качества крепежа, ошибок в монтаже, уменьшение количества тарельчатых дюбелей на один квадратный метр. Самым страшным последствием различного рода браков, может быть обрушение фасада. Необходимо учесть воздействующие на фасадную систему ветровые нагрузки, особенно опасные на высоте. Только одна потерянная плитка вполне может служить в дальнейшем, что за ней последуют рядом расположенные и это вполне может в конечном этапе привести к полному обрушению [22].

Даже одна упавшая плитка может служить причиной трагедии, например, в Красноярске, проходящая лишилась жизни, на улице Вавилова 2Ж. Есть требование о необходимости

устройства козырьков в зданиях с вентилируемыми фасадами не только над входом здания, но и над проходами вдоль домов, но только из-за экономии места, оно никогда не соблюдается. И если не ввести жесткий регламент контроля, предписанный всем организациям, то страшная возможность обрушения фасадов будет и для Санкт-Петербурга вполне реальной [23].

Подведем итоги. Научная новизна данной работы заключается в подробном изучении и выявлении основополагающих факторов, оказывающих влияние на долговечность стеновой конструкции и ее эксплуатационные показатели.

Техническая документация на данную технологию, и материалы гарантирует, при условии применения систем из нержавеющей стали, длительность эксплуатации не менее 50 лет. Последние наблюдения показали необходимость смены утеплителя уже через 7–10 лет эксплуатации в Санкт-Петербурге, вызывающие вопрос о долговечности системы, например, в районе метро Старая Деревня пришлось менять полностью систему фасада на *Fitness House*, и фасаде *Атлантик Сити*.

Проведенная исследовательская и аналитическая работа позволила сделать следующие выводы:

1. Указанные сроки эксплуатации являются максимальными, при идеальных условиях.

2. Построение сетевых графиков, даже с оптимизированными расчетами, не исключает возможности увеличения количества дней производства работ, как при срывах поставок, так и при ухудшении природно-климатических условий и задержке передвижения потока бригад, что непосредственно скажется на качестве проведенных работ.

3. Схоластическая вероятность длительности эксплуатации, предполагает, что все требования Технологического регламента будут жестко выполняться, не учитывает дестабилизирующие факторы: необходимость снижения стоимости фасадного пирога, предполагающая одно из трех решений снижение стоимости и качества материалов, снижение стоимости эксплуатации машин, так же влияющая на дальнейшее качество производства работ, снижение затрат на заработную плату строителей, и как следствие снижение квалификации и возможные ошибки строителей; природно-климатические особенности, особенно в случае «замокания»; социальные – желание жильцов повесить кондиционер или спутниковую антенну.

В большинстве своем, как показало исследование, причиной всех вышеперечисленных, ситуаций являлись человеческий фактор и желание сэкономить, оборачивающиеся в дальнейшем существенными затратами по замене системы вентиляционных фасадов. *Сделанные выводы, предполагают, что по городам России может прокатиться целая массовая волна необходимости срочной замены выходящих по разным причинам фасадов данной системы. Согласно ст.38 ЖК РФ собственникам квартир принадлежит и часть общего имущества многоквартирного дома, к которому относятся крыши, фасады, подъезды, лифты... Смогут ли в свою очередь, среднестатистические жители России через 10–15 лет поменять фасадную систему за свой счет??? А если учесть объем монтируемых навесных фасадов это может стать серьезной проблемой.*

Монтаж вентилируемых фасадов – это не панацея, данная технология, конечно, заслуживает внимания, соблюдение технических регламентов, применение сертифицированных дорогих материалов, может обусловить длительный, пожаробезопасный эксплуатационный срок, но он не будет достигать обещанных 50 лет. Для получения более точных эксплуатационных показателей, в виду явного несовпадения предыдущих лабораторных и практических результатов, требуется проведение дополнительных исследований.

Литература

1. Отделка фасадов жилых и гражданских зданий [Текст] / В. Дорофеев, И. Москаленко, А. Петровский, А. Менейлюк, Л. Лукашенко, В. Соха, 2008. 340 с.
2. Сапегина Е. А. Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором : дисс. магистра техники и технологии : защищена 17.06.09 / ГОУ СПбГПУ, кафедра «Технология, организация и экономика строительства».
3. Современные материалы для отделки фасадов: учеб. пособие по направлению 630100 «Архитектура» / Н. С. Кавер ; Моск. архитектур. ин-т (Гос акад.), Каф. архитектур. материаловедения. Москва : Архитектура-С, 2005 (ГУП ИПК Ульян. Дом печати). 118, [1] с. : ил., табл.; 20 см. (Специальность «Архитектура»); ISBN 5-9647-0057-8 (в обл.).
4. Исследование рынка навесных фасадных систем теплоизоляции России. Итоги 2015 г., предварительная оценка 2016 г. / Агентство строительной информации (Электронный доступ). Режим доступа 11.02.2023 [Электронный ресурс]: <http://marketing.rbc.ru/research/562949996924146.shtml/>
5. Нормы применения средств пассивной огнезащиты в странах ЕС / В. В. Авдеев, И. А. Годунов, С. Е. Токарева, Е. Э. Шакунова. Институт новых углеродных материалов (ИНУМиТ) Группы компаний НПО Унихимтек / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ograx.ru/articles/publication/24/>
6. Исследования в области нормативного обеспечения применения средств пассивной огнезащиты за рубежом. Отчет ЗАО Унихимтек по 1 этапу Договора №005-П/05-7500, Москва, 2006 г.
7. 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», с дополнениями, действующая с 1.01.2023 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт] <https://docs.cntd.ru/document/902186281/>
8. 384-ФЗ от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]-<https://docs.cntd.ru/document/902192610/>
9. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт] <https://docs.cntd.ru/document/1200095525/>
10. 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие здания. Характеристики теплотехнических неоднородностей» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт] <https://docs.cntd.ru/document/1200123088/>
11. Вентилируемые фасады от «Альянс-ЛК» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.aliance-lk.ru/ceny/>
12. Единство в многообразии: фасадный рынок адаптируется к вызовам времени и продолжает развитие/ Строительная газета, (электронное издание) 21.10.22 Режим доступа: <https://stroygaz.ru/publication/materials/edinstvo-v-mnogoobrazii-fasadnyu-rynok-adaptiruetsya-k-vyzovam-vremeni-i-prodolzhaet-razvitiu/>
13. СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 Подготовка и производство строительных и монтажных работ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nostroy.ru/department/metodolog/otdel_tehnicoskogo_regulir/sto/%D0%A1%D0%A2%D0%9E%D0%9D%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%A0%D0%9E%D0%99%202.33.51-2011.pdf/
14. Мотяев М. А. Азбука навесных фасадов с воздушным зазором. Юкон Инжиниринг, 2005.
15. Строящийся в Лондоне небоскреб плавит машины и поджаривает яичницу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tehne.com/event/novosti/stroyashchiysya-v-londone-neboskryob-plavit-mashiny-i-podzharivaet-yaichnicu/>
16. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 14 сентября 2006 года № 1135 Об утверждении Правил содержания и ремонта фасадов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге (с изменениями на 25 декабря 2015 года).
17. Stalex (Стайлекс) – биметаллические алюминиевые композитные панели [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ask-h.ru/stalex.html/>
18. Почему горят вентилируемые фасады в России? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sibdom.ru/journal/1475/>
19. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 14 июля 2022 года), ст.87 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902111644/>
20. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты п. 5.2.3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565248963/>
21. СП 518.1311500.2022. Свод правил. Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Обеспечение пожарной безопасности при монтаже, эксплуатации и ремонте (утв. приказом МЧС России от 30.06.2022 № 660) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/sp-51813115002022-svod-pravil-navesnye-fasadnye-sistemy-s-vozdushnym/?ysclid=lek2558jtf963068893/>
22. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://base.garant.ru/12172032/>

УДК 38.71.72 (624)

Садриддин Сайфиддинов,
канд. техн. наук, профессор
Улугбек Солижонович Ахмадиев,
канд. техн. наук, доцент
Нурмухаммадхон Сидмаксуд угли Раззақов,
(Ташкентский архитектурно-строительный
университет)
Пахриддин Ахмедов,
доцент
(Наманганский инженерно-строительный
институт)
E-mail: ssadriddin51@gmail.com,
usa190380@mail.ru

Sadriddin Sayfiddinov,
PhD in Sci. Tech., Professor
Ulugbek Solijonovich Akhmediyev,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Nurmuxammadxon Saidmaqsud ugli Razaqov,
(Tashkent University of Architecture
and Civil Engineering)
Paxriddin Axmedov,
Associate Professor
(Namangan Institute of Engineering
and Construction)
E-mail: ssadriddin51@gmail.com,
usa190380@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОНТАЖНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

RESEARCH OF THE STRESS-STRAIN STATE OF SPATIAL COATINGS UNDER DIFFERENT INSTALLATION INFLUENCES

Приводятся результаты экспериментально-теоретических исследований сборно-монолитных железобетонных оболочек сложной геометрии, в монтажной стадии собираемых из укрупненных элементов. Исследования проводились на натуральных составных оболочках 48×48 и 18×36 м, ее укрупненных элементов 3×18 и 3×24 м, а также на модели оболочки в масштабе 1:10 и 1:4. Исследовалось напряженно-деформированное состояние оболочек при разных вариантах монтажа и раскружаливания. Даются рекомендации по рациональным методам возведения и раскружаливания оболочек из укрупненных элементов для зданий общественного типа.

Ключевые слова: напряженное, деформированное, загрузки, затяжка, состояние, оболочка, монтаж, состояние, раскружаливания.

The results of experimental-theoretical studies of precast monolithic reinforced concrete shells of complex geometry assembled from enlarged elements are given. The studies were carried out on full-scale composite shells 48×48 m and diameter 96 m, its enlarged elements 3×18 and 3×24 m as well as on the shell model on a scale of 1:10 and 1:4. The stress-strain state of shells of a similar type was studied with different mounting and splitting designs. Recommendations are given on rational methods for the construction of shells from enlarged elements for public buildings.

Keywords: stress, strain, deformed state, shell mounting state.

Введение. Применение большепролетных уникальных зданий сложной геометрии связано с задачами совершенствования методов их монтажа и раскружаливания. Монтаж этих оболочек может осуществляться с применением сплошных лесов и кондукторов или предварительно укрупненных монтажных секций арочного типа навесным способом [1, 2].

Для пологих оболочек в настоящее время оптимальным методом монтажа является применение укрупненных монтажных элементов длиной до 24 м [3, 5, 6]. В этом случае каждый укрупненный сборный элемент представляет конструкцию сводчатого типа с временной монтажной затяжкой [4, 7].

Задачи исследования. Изучим возможности применения этого метода монтажа для составных и сопряженных оболочек с квадратным или произвольным планом.

Для решения данной задачи нами проведены исследования напряженно-деформированного состояния сборно-монолитных составных оболочек в стадиях монтажа, раскружаливания, и перехода в стадии эксплуатации. Выполнен анализ результатов испытаний составных

оболочек с боковыми элементами отрицательной и положительной кривизны размерами 4,8×4,8 м; 12×12 м; 18×36 м [5, 7].

Методика физического моделирования работы оболочек. Для выявления рационального способа раскручивания составных оболочек снятие усилий в затяжках производилось при опущенных и поднятых монтажных стойках. Изучались последовательности их влияние на работу всего покрытия. Статическая работа оболочки в стадии монтажа и эксплуатации анализировалась в трех типах соединений центральных и боковых оболочек.

На моделях отдельно стоящих оболочек в области линейной работы, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, равной 1,7 кН/м², определялись напряженно-деформированное состояние покрытия. После чего изучалось два основных способа раскручивания. В первом способе сначала опускались монтажные балки, затем снимались усилия в монтажных затяжках, во втором – сначала снимались монтажные затяжки, затем опускались монтажные балки. Варианты раскручивания повторялись три раза.

Исследования работы в процессе демонтажа оболочки. В *первом способе* раскручивания оболочки осадка всех стоек производилась одновременно этапами по 5 мм. Отрыв монтажной оснастки от покрытия произошел сначала у краев монтажных балок при осадке стоек на 4 мм, затем в средней зоне оболочки при осадке стоек на 15 мм. Отделение всей монтажной оснастки от оболочки произошло при осадке стоек на 20 мм. Это явление объясняется упругим уменьшением прогиба средней контурной арки при снятии с нее нагрузки.

Первоначальные усилия в затяжках центральных и боковых оболочек при опускании монтажных балок уменьшались на 20–35 %. Это позволило значительно облегчить демонтаж затяжек. При этом наблюдался более благоприятный характер напряженного состояния в ребрах панелей оболочек.

На рис. 1 приведены эпюры прогибов оболочки в процессе опускания монтажных балок, снятия усилий в затяжках и применения предварительного натяжения в монтажных затяжках.

При опускании монтажных балок наибольший прогиб в центральной оболочке составлял 2,85 мм, или 1/1174 пролета, в боковой оболочке – 2,2 мм при 1/1542 пролета. Дальнейшее снятие усилий в монтажных затяжках привело к увеличению прогибов центральной и боковой оболочек соответственно в 1,2 и 1,15 раза.

Для снижения прогиба оболочки в эксплуатационной стадии до раскручивания, производилось натяжение монтажных затяжек с контролированием усилий и выгиба оболочки. Это привело к снижению максимальных прогибов центральной и боковой оболочки в 1,4 и 1,23 раза. С увеличением усилия от натяжения в затяжках прогибы оболочек уменьшались до 2 раз. Следует также отметить, что при снятии затяжек горизонтальные перемещения в контурных ригелях элементах оболочек увеличивались до 15 %.

При *втором способе* раскручивания оболочки покрытия в начале производилось снятие усилий в 24 затяжках центральных оболочек и в 28 затяжках в четырех боковых оболочках. Снятие усилий производилось последовательно, как и в первом способе, после чего опускались монтажные балки, что привело к незначительному изменению напряженно-деформированного состояния оболочки. Эпюры прогибов и усилий имели более плавный характер (см. рис.).

Максимальные значения прогиба для центральных и боковых оболочек составили соответственно 0,45 и 0,43 мм. Опускание монтажных балок привело к увеличению прогибов в 9,14 и 6,8 раза, что составляло 3,93 и 2,92 мм. Эпюры усилий и прогибов в этом случае носят неравномерный характер. Пиковые значения эпюр соответствовали местам примыкания монтажных балок и затяжек.

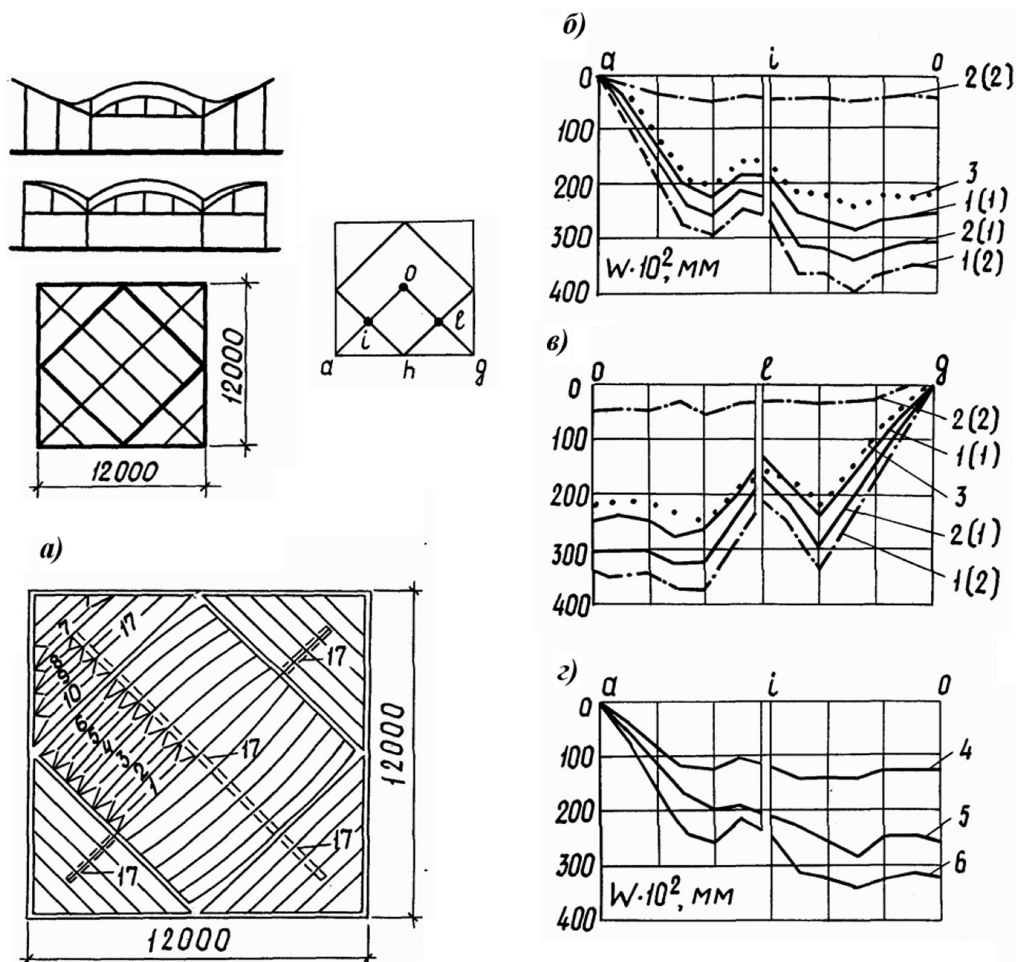


Схема расстановки монтажных затяжек и балок, последовательности их снятия (1-16, 17).

Прогибы составной оболочки: *a* – 12×12 м при загрузении нагрузкой 1,7 кН/м²;

б, в – вдоль линии затяжек и монтажных балок; *г* – для различных типов соединений центральных и боковых оболочек; 1 – при опускании монтажных балок; 2 – при снятии затяжек;

(1), (2) – варианты раскружаливания; 3 – при натяжении монтажной затяжки;

4 – для монолитных соединений; 5 – с дискретными связями; 6 – для отдельно стоящих оболочек

Сравнение прогибов оболочки при двух способах раскружаливания показало, что применение второго способа привело к увеличению прогибов центральных и боковых оболочек соответственно в 1,35 и 1,3 раза. Это подтверждает целесообразность применения первого способа раскружаливания.

Анализ исследований по двум вариантам раскружаливания составных оболочек показал, что при использовании первого варианта раскружаливания прогибы для середины пролета оболочки и диафрагмы уменьшались соответственно в 1,7 и 1,5 раза. Аналогичное явление наблюдалось для горизонтальных перемещений оболочки, которые уменьшились в 1,14–1,3 раза для различных сторон контурных конструкций боковых элементов оболочек. Наименьшее значение продольных усилий и изгибающих моментов получено по первому варианту раскружаливания, создающего благоприятный характер напряженного состояния оболочки, что свидетельствует о целесообразности его применения.

После замоноличивания швов между панелями, напряженно-деформированное состояние укрупненных элементов изменялось в зависимости от места их расположения. Замоноличивание швов превращало оболочку в единую пространственную систему, в которой последующие усилия воспринимались оболочкой в целом. До снятия усилий в затяжках

нагрузка на оболочку составляла 2,9 кН/м². В процессе испытания снеговая нагрузка отсутствовала. В процессе раскручивания оболочки, вследствие удаления временных опор сохранялись усилия, к ним добавлялись усилия, возникавшие в оболочке вследствие удаления временных затяжек и связей.

В табл. 3.5 [8] приведены данные об изменении усилий в затяжках в процессе их снятия для составной оболочки с боковыми элементами отрицательной и положительной кривизны. При снятии усилий в затяжках зафиксирован дополнительный прирост усилий в остальных затяжках. Это особенно существенно для краевых затяжек. Усилия в крайних затяжках боковых и центральных оболочек увеличились соответственно в 1,16 и 1,23 раза. Характер эпюр, значения усилий и перемещений в оболочке (рис. 1) близки к аналогичным параметрам от эквивалентной распределенной нагрузки. Однако усилия в средних диафрагмах при снятии затяжек резко отличаются, при этом в параллельно расположенных диафрагмах усилия увеличивались, а в перпендикулярно расположенных – значительных изменений не произошло.

Таким образом, в стадии монтажа в двух средних диафрагмах возникали усилия от собственной массы арочных укрупненных элементов, а после замоноличивания стыков в процессе раскручивания в этих диафрагмах усилия оставались без значительных изменений. В двух остальных диафрагмах возникли усилия от распора затяжек укрупненных арочных элементов. Перераспределение усилий в диафрагмах происходило в основном в процессе раскручивания оболочки. Результаты исследований сравнивались с данными расчета по специально разработанной программе.

Выводы и рекомендации. Сопоставление прогибов и усилий показало, что максимальные расчетные величины отличаются от эксперимента в 2 раза. Это объясняется тем, что в стадии монтажа в расчетах оболочки не учитывалась монтажное состояние и податливость контурных диафрагм. Таким образом, оценка напряженно-деформированного состояния пространственных систем только в стадии эксплуатации, без учета условий монтажа, дает заниженные результаты.

Было выполнено численное исследование проверкой о возможности применения результатов этих исследований для оболочек 18×36 м и оценки работы оболочек различных геометрических формул для уникальных большепролетных зданий с пролетами 18–96 м оно показало целесообразность данной методики для широкого применения.

В заключение следует отметить, что применение исследованных рациональных вариантов монтажа и раскручивания позволяет внедрить эффективные оболочки покрытий в уникальных большепролетных зданиях с различной геометрической формой плана с регулированием минимальных усилий при переходе в эксплуатационную стадию.

Литература

1. Шимановский В. Н. Безраспорная вантовая ферма // Киев : Будівельник, 1974. С. 52–53.
2. Жуковский А. З. Сборные унифицированные оболочки покрытий общественных зданий в Крыму // Бетон и железобетон, 1980. № 7. С. 16–20.
3. Дыховичный Ю. А., Жуковский Э. З. Пространственные составные конструкции. М. : Высшая школа, 1989. 288 с.
4. Бартнев В. С., Жихарев В. К., Кузнецов В. В. Определение напряженно-деформированного состояния железобетонных пространственных покрытий от монтажных воздействий / Металлические конструкции в строительстве. Сборник трудов № 152. М., МГСУ. 1979. С.170–175.
5. Раззаков С. Р. Составные железобетонные оболочки покрытий зданий в условиях длительной эксплуатации и сейсмических воздействий. Ташкент, Издательство «Фан» АН РУз. 2004. 380 с.
6. Шугаев В. В., Соколов Б. С., Пасхин Д. В. Экспериментально-теоретические исследования сводчатого покрытия из панелей КЖС // «Строительная механика и расчет сооружений» № 5, 2007. С.67–73.

7. *Раззаков Н. С.* К расчету пологих оболочек положительной кривизны с применением моментной теории // *Материалы межвузовской практической конференции. Сборник научных трудов. Выпуск 10, Ташкент : ТашИИТ, 2015. С. 81–84.*
8. *Раззаков Н. С.* Железобетонные оболочки покрытий уникальных большепролетных зданий в стадии возведения. Монография. Ташкент. Издательство «Фан» Академии наук Республика Узбекистан. 2022. 212 с.
9. Ways of enhancing energy efficiency within renovation of apartment houses in the republic of Uzbekistan S Sayfiddinov, U Akhmadiyorov *International Journal of Scientific and Technology Research* 9 (2), 2292–2294.
10. Modern methods of increasing energy efficiency of buildings in the Republic of Uzbekistan at the design stage S Sadriddin, MM Mirmakmutovich, MS Makhmudovich, AU Solijonovich *International Journal of Scientific and Technology Research* 8 (11), 1333–1336.
11. Research of trailing coverings of wide-span unique buildings by the modelling method AU Solijonovich *European science review*, 272–274.
12. Modeling of stage of construction and operation of unique large-span structures SR Razzakov, US Axmadiyarov, NS Razzakov *Journal of Physics: Conference Series* 1425 (1), 012100.
13. Экспериментальные исследования работы круглых двухпоясных предварительно-напряженных висячих покрытий С. Р. Раззаков, У. С. Ахмадияров, Н.С. Раззаков. *Будівельні конструкції*, 580–587.
14. Transfer of heat through protective operated wall structures and their thermophysical calculation for energy efficiency S Sayfiddinov *European Science Review* 1 (11–12), 79–80.
15. Increasing the energy efficiency of heat-insulating buildings S Sayfiddinov.
16. Dynamic parameters of prestressed hanging systems Razzokov, N.S., Akhmadiyorov, U.S. *Key Engineering Materialsthis link is disabled*, 2021, 887 KEM, pp. 698–705.
17. The effect of a complex additive on the structure formation of cement stone in conditions of dry hot climate and saline soils Narov, R., Akhmadiyorov, U. *E3S Web of Conferences*, 2021, 264, 02064.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КРОВЕЛЬ ИЗ БИТУМСОДЕРЖАЩИХ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE IMPACT OF TECHNOLOGY ON THE DURABILITY OF ROOFS MADE OF BITUMEN-CONTAINING ROLLED MATERIALS

В данной статье описывается влияние технологий на долговечность из битумсодержащих рулонных кровельных материалов. На основании опытных данных автор приводит сведения на использование современных технологий, которое позволяет, не повышая стоимость и не переходя на другие полимерные материалы, в разы увеличить срок службы кровель из битумсодержащих наплавливаемых рулонных материалов.

Ключевые слова: устройство кровли, битумные рулонные кровли, рулонные материалы, долговечность кровли.

This article describes the impact of technology on the durability of bituminous rolled roofing materials. On the basis of experimental data, the author provides information on the use of modern technologies, which allows, without increasing the cost and without switching to other polymeric materials, to increase the service life of roofs made of bitumen-containing welded roll materials by several times.

Keywords: roofing, bitumen roll roofing, roll materials, roof durability.

Плоские рулонные кровли требуют качественного выполнения работ и строгого соблюдения технологий. Это обязательное условие для долгой службы битумных рулонных кровель.

Технологии и конструктивные решения определяются свойствами материалов и условиями эксплуатации кровельного покрытия.

Попытки вытеснения битумсодержащих материалов более дорогими полимерными материалами не всегда оправданы не только с ценовой точки зрения.

При значительной разнице в свойствах битумных и полимерных материалов у битумсодержащих материалов есть плюсы в их применении, такие как:

1. Меньшая стоимость. Для очень большого объема кровель этот фактор остается решающим при выборе типа применяемых материалов.

2. Большая механическая стойкость в отличие от полимерных материалов. Толщина битумного ковра более чем в 5 раз больше толщины полимерной кровли. Очень много случаев выхода из строя полимерной кровли от обычного механического повреждения.

3. Удобство и простота ремонта и нахождения дефектов кровли.

4. Возможность герметизации различных сложных узлов, не требующая специально изготавливаемых дополнительных элементов.

Это основные достоинства, благодаря которым продолжается массовое применение битумных рулонных материалов.

Основной аргумент применения полимерных кровель – малый срок службы битумных кровель. Но есть технологии, позволяющие выполнять кровли из битумсодержащих материалов сопоставимые по критерию цена–долговечность в сравнении с полимерными кровлями [1].

Для выбора технологических решений следует учитывать свойства битумов. Битумы относятся к термопластичным веществам, т. е. их свойства зависят от их собственной температуры. В мороз они хрупкие. При плюсовых температурах до +30 °С материалы держатся

на основаниях и между собой за счет силы адгезии. При нагреве свыше $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ битумные материалы держатся на основании и между собой за счет вязкости мастичного слоя, адгезия при таких условиях отсутствует. В пределах $+30\dots+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит комбинированный способ удержания материалов на поверхностях – возможен отрыв от основания кровли или расслоение по мастичному слою [2].

Летом при нагреве кровли солнечной радиацией появление избыточного давления в подкровельном пространстве неизбежно приведет к расслоению и отрыву кровельных материалов, возможно сползание материалов с вертикальных поверхностей. Следовательно, необходимы мероприятия, обеспечивающие свободное соединение подкровельного пространства с атмосферным воздухом.

Особенность наплавления битумсодержащих материалов огневым способом. Данный метод подробно был исследован и описан еще в 1976 году в диссертации Карабликова А. Н. [3]. Определены основные параметры, влияющие на качество приклеивания битумсодержащих материалов: температура нагрева материала, температура основания, температура воздуха, давление прикатки приклеиваемого материала, время от момента прекращения нагрева материала до начала его прикатки, качество подготовки основания, температура окружающего воздуха.

Важный момент воздействия открытого пламени горелочных устройств на битумсодержащие наплавляемые материалы. Температура воспламенения битума $+300\dots+350\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура самовоспламенения $+380\dots+400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Активная деструкция битумов начинается при нагреве выше $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура пламени горелки немногим более $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это легко проверить опосредованным путем через нагрев стальной проволоки. Цвет нагрева металла показывает его температуру. Например, оранжевый цвет нагрева металла появляется в диапазоне температур $+900\dots+1050\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Описанные условия термической обработки битумных материалов и изменение цвета пламени при нагреве материалов свидетельствуют об активном процессе горения поверхностного слоя материалов, того слоя, который участвует непосредственно в приклеивании битумных материалов. Именно этот слой максимально испытывает на себе процессы разрушения, что сказывается на долговечности службы кровель. Разрушение и деструктивные процессы происходят на глубине до $1,7\text{ мм}$ от поверхности материала, при этом $0,3\text{ мм}$ толщины поверхности сгорают. В итоге технология наплавления битумсодержащих материалов открытым пламенем горелочных устройств снижает срок службы кровли в $2\text{--}3$ раза.

При минимизации последствий нагрева материалов в процессе выполнения работ срок службы кровель приблизится к гарантийному сроку службы материалов, заявленному производителями, т. е. к $15\dots25$ годам.

При работе с горелочными устройствами температура нагрева материала и основания не контролируется и зависит от личных навыков кровельщика, его внимания, усталости, уровня обучения и знаний. Прикатка материалов практически отсутствует. В большинстве случаев используется сплошная приклейка материалов на основания, что приводит к образованию вздутий кровельного ковра в процессе его эксплуатации.

На практике очень часто на одном объекте сходятся много отрицательных факторов, приводящих к неудовлетворительным результатам.

На примере всего одного объекта показательно рассмотрим, какие факторы могут оказывать негативное влияние на устройство и ремонт кровли.

Кровля многоподъездного жилого дома площадью 1100 м^2 плюс 300 м^2 площадь примыканий. Кровля выполнена из 4-х слоев рубероида, наклеенного на горячую битумную мастику до ремонта прослужила около 30 лет, частичный ремонт в 1 слой наплавленными материалами силами жильцов над своими квартирами.

Дефекты кровли. Многочисленные протечки, сквозные трещины ковра в некоторых местах. Узлы примыканий выполнены с нарушением требований по подготовке поверхностей, кирпичная кладка не оштукатурена и не огрунтована битумным праймером. Нет механического закрепления материалов на вертикальной поверхности. Парапеты сверху не оклеены и покрыты металлическими отливами, которые установлены не герметично. Часть отливов отсутствует. Протечки по парапетам и намокание кладки с фасадной части. Часть материалов на примыканиях к кирпичной кладке парапетов отошла от стены, образовав «карманы», собирающие дождевую воду. Кровельные воронки при ремонте кровли не очищались от старых материалов, наклейка новых материалов выполнялась поверх старого ковра после устройства поверх старой кровли в месте воронки, повышающей уровень цементно-песчаной стяжки. Это привело к застою воды перед водоприемными воронками и заужению сечения приемной трубы. На кровле находился строительный мусор, для вывоза которого понадобилось выполнить 3 рейса самосвала.



Рис. 1. Общее состояние кровли через 30 лет эксплуатации



Рис. 2. Пример исполнения примыкания кровельного ковра к вертикальной кирпичной стене

Показательным примером знаний о кровле служит перечень работ на ремонт кровли, составленный управляющей компанией и являющийся прилагаемой сметой к договору, который подписан подрядной организацией. Один из пунктов содержит следующее:

«Тепловая обработка существующего покрытия кровли для улучшения гидроизоляции кровли и адгезии с новым покрытием». Данный пункт сметы планировалось выполнить с использованием пропановых горелок.

Учитывая температуру пламени, данная операция привела бы к сжиганию существующего кровельного покрытия непосредственно на кровле. Строителям, занимающимся кровлями понятно, что с технической точки зрения данная операция открытым пламенем горелок невозможна.

Так же в смете полностью отсутствовали обязательно необходимые работы по оштукатуриванию вертикальных кирпичных поверхностей и огрунтовке их битумным праймером в местах устройства примыканий. Нет пункта установки отливов на вертикальных поверхностях для механического закрепления верхнего края материалов.

По факту смета к договору включала невозможные с технической точки зрения работы и исключала крайне необходимые работы по узлам примыканий. Срок гарантии по договору составляет 5 лет.

Возможно ли выполнить работы на объекте с качественным ремонтом по существующему договору? Естественно, нет. Показательным в данном примере является уровень технической грамотности ответственных работников управляющей компании и руководства подрядчика. За последние годы неоднократно приходилось сталкиваться с подобными планами казусами в строительстве, описанный пример всего лишь один из таких случаев.

Для исправления ситуации пришлось менять технологию работ и техническое исполнение узлов после заключения договора не выходя за рамки сметной стоимости. При этом изменена технология укладки материалов и последовательность работ [4].

Процесс исправления недостатков сметы и технических решений.

Планируемую установку в существующие водоприемные воронки внутреннего водостока ремонтные воронки отменили. Система водоотведения собрана на сварке из стальных труб диаметром 100 мм, что является нестандартным размером. Установка ремонтной воронки внутрь существующей трубы заузит диаметр проходного сечения. Вместо этого водоприемные воронки полностью очистили от старых материалов и слоя стяжки, выполненного поверх воронок. Металлические поверхности горизонтальной части воронок зачистили стальными щетками, одеваемыми на электроинструмент.

Оклейку воронок новыми битумными материалами производили так, чтобы создать естественный уклон для стока воды без застойных зон. Операцию по разборке водоприемных воронок начинали выполнять утром с обязательным завершением операции и восстановлением герметичности узла к концу рабочего дня.

Параллельно производились работы по снятию существующих материалов с вертикальных поверхностей с одновременным оштукатуриванием кирпичной кладки. Штукатурный слой у основания стен сверху закрывал существующий кровельный ковер, что обеспечивало временную герметичность мест примыканий еще до оклейки этих мест кровельными материалами. Уже с началом работ, но до наклейки кровельного ковра количество мест протечек кровли стало уменьшаться. Важное условие выполнения работ – не допустить залива жилых помещений многоквартирного дома.

После подготовки поверхностей мест примыканий, их огрунтовки битумным праймером и оклейки водоприемных воронок внутреннего водостока приступили к устройству нижнего слоя кровельного ковра. Для нижнего слоя кровельного ковра был приобретен

рулонный наплавляемый материал толщиной 3 мм с основой из стеклоткани. По данным диссертации Карабликова А. Н. воздействие горелочного устройства на поверхность материала приводит к разрушению битумного слоя на глубину до 1,7 мм. Прогрев материала толщиной 3 мм при наклейке с нижней стороны, а потом с верхней при наклейке второго слоя суммарно дает разрушение мастичного слоя на толщину: $1,7 + 1,7 = 3,4$ мм. С учетом толщины сгораемого слоя с каждой стороны по 0,3 мм нижний слой в короткие сроки должен выйти из строя. В учебнике немецкого автора Ханса Петера Айзерло «Изоляция плоских кровель» содержится рекомендация о наклейке горелочными устройствами материалов толщиной не менее 4 мм [5].

Учитывая вышесказанное для первого слоя кровельного ковра, применили механический способ крепления к основанию. При установке кровельный крепеж создал достаточное количество отверстий в слое существующей кровли для выхода воздуха из мест вздутий кровельного ковра.



Рис. 3. Установка механического крепежа на нижний слой кровельного ковра



Рис. 4. Укладка первого слоя кровельных материалов с механическим креплением. Последовательность укладки от верхних участков в направлении к водоприемной воронке. Производится спайка швов нахлеста материалов. Часть парапетов уже оклеена

Особенность последовательности раскладки рулонов первого слоя кровельного ковра при механическом креплении в зависимости от погодных условий на момент выполнения работ.

В сухую погоду раскладку материалов вели стандартно от кровельных воронок к более высоким участкам кровли. Оклежку мест примыканий выполняли сразу по мере укладки материалов на горизонтальную поверхность.

Во время возможного выпадения осадков материалы укладывали, механически крепили и склеивали по швам нахлеста от верхней точки поверхности кровли двигаясь в направлении воронок. Сразу производили оклейку мест примыканий. Такая последовательность работ с сохранением направления нахлеста материалов обеспечивала свободное стекание воды по поверхности вновь уложенных материалов к водоприемной воронке. При таком технологическом решении вода под первый слой гидроизоляции при выпадении осадков не попадала.

Одновременно с укладкой материалов первого слоя полностью оклеивали парапеты материалами первого слоя. Во время дождей проверяли отсутствие протечек на уже выполненных участках кровли в один слой. До начала устройства второго слоя гидроизоляции была достигнута полная герметичность первого слоя кровельного ковра.

Для наклеивания материалов второго слоя применили безогневое электрическое оборудование. Температура нагрева поверхности материалов этим методом составляет в пределах $+140...+170\text{ }^{\circ}\text{C}$, возгорание материалов не происходит [6]. Процесс наклейки материалов завершается прикаткой специальным многосекционным опорным валом кровельной машины. Эта технология увеличивает срок службы битумных материалов относительно огневого метода в 2–3 раза. Технология разработана и утверждена в ЦНИИОМТП в 2001 году по результатам многолетних испытаний и исследований устройства и ремонта кровель.



Рис. 5. Наплавление рулонного битумсодержащего материала электрической кровельной машиной



Рис. 6. Образование расплава битумной массы под воздействием безогневого нагрева битумсодержащих материалов. Заполнение горячей мастикой всех пустот и неровностей на кровле

Горелочными устройствами материалы наплавливались только на парапетах и вертикальных поверхностях. Для сокращения времени нагрева материалов в этих узлах прием нагрева полотнища в стороне с последующей его укладкой на штатное место не применялся. Все элементы примыканий оклеивались с рулона или трубы. Данный технический прием позволяет максимально возможно оптимизировать процессы нагрева материала и поверхности, минимизировать время нагрева материала, что максимально сохраняет полезные качества битумных материалов. Этот технологический прием требует немного больших затрат по трудоемкости, но окупается значительным улучшением качества исполнения узлов и их возрастающей долговечностью и надежностью.

Одно из обязательных требований – второй слой материалов наклеивается только после полной наклейки материалов первого слоя не только по горизонтальной поверхности, но и во всех узлах примыканий. Это обеспечивает качественный многослойный перехлест материалов в сложных узлах с гарантированным заплавлением возможных мест непроклея материалов.

В процессе наклейки материалов в один слой невозможно добиться 100 % проклейки, мелкие дефекты всегда присутствуют. Разделение последовательности наплавления материалов первого и второго слоя позволяет перекрывать вторым слоем все возможные дефекты, заплавляя швы нахлеста материалов первого слоя. Игнорирование этого требования значительно снижает надежность узлов в местах примыканий.

По завершении наклеивания материалов второго слоя во всех местах на вертикальных поверхностях была выполнена установка металлических отливов в прорезь-штробу с герметизацией штробы. В этом случае герметик предварительно наносился на край металлического отлива, после чего отлив вставлялся в прорезь и место выступания мастики уплотнялось шпателем.

Механическое крепление отлива производилось дюбель-гвоздями сквозь кровельные битумные материалы, обеспечивая их дополнительное механическое закрепление.



Рис. 7. Установленный металлический отлив на кирпичной стене. Поверхность кирпичной кладки предварительно оштукатурена и грунтована битумным праймером

В первоначальной смете предусмотрена установка 6-ти кровельных вентиляционных патрубков и сплошная приклейка нижнего слоя кровельного ковра к основанию. Установка кровельных аэраторов – это технология устройства «дышащих» кровель. Для данной площади кровли требуется в 2 раза больше аэраторов [7]. Из-за финансовых ограничений заказчиком дополнительное соединение подкровельного пространства с атмосферным воздухом было выполнено на парапетах. Такое техническое решение было апробировано и утверждено в ЦНИИОМТП при разработке технологии.



Рис. 8. Общий вид отремонтированной кровли. На переднем плане установлены фартуки на деформационный шов. По центру фотографии виден кровельный вентиляционный патрубок с дефлектором. Парапеты оклеены кровельными материалами полностью

На данной кровле отказались от сплошной наклейки первого слоя в пользу механического крепления и создания «дышащей» кровли. Сплошная приклейка материалов применялась для материалов второго слоя и материалов первого слоя в местах примыканий.

Из-за ограничений заказчика пришлось изменить схему установки отливов на парапетах. Полная оклейка парапетов позволила разрезать вдоль существующие элементы фартуков и устанавливать их только с наружной стороны, обеспечив выступ в 60 мм. Остающаяся отрезаемая часть фартуков использовалась для установки отливов на стенах.

Применение описанных технологий и технических решений позволила за счет отказа от неверных решений сметы сэкономить финансовые средства заказчика в пользу выполнения незапланированных, но обязательных работ.

Использование электрического безогневого оборудования и механического крепления дало возможность сэкономить в использовании около 20 заправок пропановых баллонов. Затраты электроэнергии составили эквивалентную сумму, равную стоимости заправки одного пропанового баллона [8].

Данный объект является показательным по общему урону технической грамотности заказчиков и подрядчиков, что в последние годы встречается очень часто.

Описанная технология выполнения кровельных работ была разработана и утверждена в ЦНИИОМТП более 20-ти лет назад. За период более 30-летнего применения электрического

безогневого оборудования и описанных технологических решений накоплен богатейший практический опыт увеличения срока службы кровель с применением тех же самых кровельных материалов.

Сроки службы таких кровель еще можно было отследить, когда использовались первые наплавливаемые материалы на картонной основе. Срок гарантии на них заводом изготовителем составлял 1 год. Кровли, выполненные по безогневой технологии из первых наплавливаемых материалов толщиной 1,5 мм в 3 слоя служили 10 лет и более. Для современных материалов срок службы настолько увеличился, что за давностью лет заказчик и подрядчик забывают о друг друге, статистика срока службы не ведется.

В начале 90-х опытные строители рассказали историю дефицита рубероидов в СССР, позже мне это подтвердил директор одного из рубероидных заводов. Материалы с картонной основой были недолговечны, гарантия составляла 1 год. Технологии наклейки на горячую мастику были несовершенны. В стране велось массовое строительство, площади кровель увеличивались, при этом кровли требовали периодического ремонта. В итоге картоно-рубероидные заводы не справлялись с необходимым объемом выпуска материалов.

В описанной в статье современной технологии наиболее заинтересованы эксплуатирующие организации. Использование передовых технологий позволяет, не меняя уровень цен и не переходя на дорогие полимерные материалы, в разы увеличить срок службы кровель из битумсодержащих наплавливаемых рулонных материалов. В моем личном опыте за 30 лет было много больших производственных предприятий, где прекращались работы по ремонту кровель, так как кровли за несколько лет плановых работ были полностью отремонтированы и больше не выходили из строя.

Литература

1. *Белевич В. Б., Сиденко Д. А.* Руководство по устройству кровель из рулонных наплавливаемых материалов с применением инфракрасных облучателей // ЦНИИОМТП, Москва, 2001.
2. *Куйсис П. А.* Исследование и разработка технологии и механизации устройства кровель из наплавливаемых материалов // ЦНИИОМТП, Москва, 1977.
3. *Карабликов А. М.* Совершенствование технологии устройства рулонных кровель из наплавливаемых материалов методом разогрева склеивающего слоя // Киев, 1980.
4. *Белевич В. Б., Сиденко Д. А.* Руководство по технологии устройства кровель с частичным креплением водоизоляционного ковра к основанию // ЦНИИОМТП, Москва, 2002.
5. *Айзерло Х. П.* Изоляция плоских кровель // Издательский Дом «Бизнес Медиа», Москва, 2007.
6. *Сиденко Д. А.* Инфракрасные излучатели в технологии устройства кровель из наплавливаемых рулонных материалов // ЦНИИОМТП, Москва, 2001.
7. СП 17.13330.2017. АО ЦНИИПромзданий, Москва, 2017.
8. *Шаталина А. С.* Расчет экономической эффективности инфракрасного метода устройства кровель // ЦНИИОМТП, Москва, 2001.

УДК 624.05

Суй Вэйхао,

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: swh6781@mail.ru

Sui Weihao,

postgraduate student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: swh6781@mail.ru

РАСЧЕТ И ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

CALCULATION AND ASSESSMENT OF RISKS IN THE CONSTRUCTION OF FACILITIES BASED ON THE TOOLS OF THE FUZZY INFERENCE SYSTEM

В контексте данного исследования современный этап развития страны характеризуется тем, что в настоящее время перед Россией стоит задача повышения показателей технологического и экономического подъема, с учетом санкций.

Перспективным направлением в настоящее время является строительство технически сложных объектов (производственные предприятия в первую очередь). Анализ нормативно-технической документации строительной отрасли РФ и специфики строительства технически сложных объектов показывает, что постоянное увеличение масштабов строительных проектов, усложнение структурных функций и увеличение продолжительности строительного цикла привели к быстрому увеличению различных факторов риска при реализации строительных проектов. Риски при реализации строительных проектов возникают на протяжении всего их жизненного цикла и, если их не предотвратить, могут быть серьезные последствия в том числе и непредсказуемые убытки участникам проекта. Распределение рисков, как важная часть управления рисками, является залогом достижения целей управления рисками. В практике реализации строительных проектов, важной является задача уменьшения количества рисков, а также повышения за счет этого эффективности управления ими.

В статье представлена аналитическая модель идентификации факторов и расчета технического риска при строительстве сложных объектов, основанная на анализе организационных и производственных систем с учетом проблем и рисков, с использованием инструментария системы нечеткого вывода.

Ключевые слова: технически сложные объекты, технические риски, управление проектами, дестабилизирующие факторы, аналитическая модель, система нечеткого вывода.

In the context of this study, the current stage of the country's development is characterized by the fact that Russia is currently facing the task of increasing the indicators of technological and economic growth.

The construction of technically complex projects is currently considered to be a promising trend. Analysis of the regulatory and technical documentation of the construction industry in the Russian Federation and the specifics of construction of technically complex projects shows that the constant increase in the size of construction projects, the increasing complexity of structural functions and the increasing duration of the construction cycle have led to a rapid increase in various risk factors in construction projects. Risks in construction projects occur throughout the project life cycle and, if not prevented, can have serious consequences and bring unpredictable losses to project participants. Risk allocation, as an important part of risk management, is a guarantee that the objectives of risk management are achieved. In the practice of construction projects, how to reduce disputes between the two parties and improve risk management by intelligently allocating risks between them has become an important issue to ensure the smooth running of projects.

The article presents an analytical model for the identification of technical risk factors in the construction of complex objects, based on the analysis of organizational and production systems, considering the problems and risks.

Keywords: technically complex facilities, technical risks, project management, destabilizing factors, analytical model.

Введение. Являясь важной опорой национальной экономики, строительная отрасль играет очень важную роль в общественном развитии. Строительство строительного объекта – это сложный процесс производства и потребления, характеризующийся большим объемом инвестиций, длительным производственным циклом, многосторонними внутренними

и обширными внешними связями и так далее. Сам процесс характеризуется множеством неопределенностей, что определяет мульти рисковый характер строительных проектов.

Для достижения требуемой эффективности строительные компании должны сначала определить риски, с которыми они сталкиваются, понять их природу, проанализировать их причины, определить вероятность, влияние и серьезность их возникновения, и на этой основе разработать и реализовать план предотвращения рисков, который будет наиболее выгодным и эффективным для компании. Кроме того, любой необоснованный и ненаучный подход приведет к увеличению стоимости проекта.

В управлении проектами-управление рисками это высокоуровневый, комплексный процесс управления, представляющий собой набор методов анализа и решения различных вопросов, возникающих в связи с неопределенностью, включая идентификацию рисков, оценку рисков и контроль рисков.

Как правило, развитие управления рисками проекта в основном характеризуется созданием системы управления рисками, которая рассматривает риск проекта как систему и систематический процесс распознавания, понимания и управления рисками проекта. Разделение процесса управления рисками проекта основано на теории управления рисками и является продолжением теории управления рисками в управлении проектами.

Как показывают исследования, технический риск представляет собой ситуацию, в которой прогнозируемый результат может быть отличен от фактического в результате неконтролируемой работы технических систем и технологических процессов. Технологический риск может рассматриваться в относительном выражении и характеризуется процентом возможных потерь по отношению к общему объему труда и ресурсов для выполнения определенного вида работ или ожидаемому размеру дохода от осуществляемых операций [1].

В распоряжении специалистов имеется множество современных технологий для строительства сложных объектов. Однако использование этих технологий всегда связано с определенными рисками [2–4].

Следует учесть, что каждый этап процесса управления техническими и технологическими рисками включает в себя определенные операции.

Идентификация рисков является основной частью работы по управлению техническими рисками. Только путем идентификации рисков можно объединить теорию и практику и сконцентрировать основное внимание управления рисками на проектах по конкретным вопросам.

При этом, следует учитывать влияние только наиболее значимых факторов, влияющих на прогнозируемый риск. При идентификации рисков для строительных проектов важно не только комплексно определить различные потери, которые могут быть вызваны рисками проекта, но и различные возможности, которые чаще всего могут быть вызваны рисками проекта. Идентификация рисков является основой для анализа рисков и разработки планов по их предотвращению. Идентификация рисков определяет пути, средства и методы получения информации, а также распределение обязанностей между участниками проекта, как показано на рисунке.

Методы. Проведенный анализ показал, что нечеткая логика была расширением булевых операций, впервые представленное профессором Лотфи Заде в 1965 году, когда классическая логика настаивала на том, что все может быть выражено в двоичном виде (0 или 1, черное или белое, да или нет).

Эти представления на самом деле близки к повседневным вопросам и смысловым высказываниям людей, поскольку истинные результаты чаще всего неточны, неясны и расплывчаты [5, 6].

Система нечеткого вывода обычно состоит из следующих компонентов:

- фаззификация;
- матрица риска;
- механизм нечеткого вывода;
- дефаззификатор.



Рис. 1. Аналитическая модель возникновения рисков

Причем, следует понимать, что входами нечеткой системы являются явные числа. В процессе фаззификации мы должны взять эти явные значения и соотнести их со степенью подчинения в нечетком множестве в соответствии с функцией подчинения. В качестве двух входов следует рассматривать вероятность возникновения риска и степень воздействия. После фаззификации обоих явных входов необходимо построить набор правил, которые объединяют входные данные определенным логическим образом для получения определенных выходных результатов, соответствующих уровню риска.

Ранговые значения параметров рисков оценены методом экспертных оценок и приведены в табл. 1.

Как показывает практика, матрица рисков – это инструмент для представления и ранжирования рисков путем построения матрицы с двумя измерениями: последствия риска и вероятность его наступления. Матрица рисков наиболее часто представляется в табличной форме, но может быть и в виде списка [7].

Следует иметь ввиду, что нечеткий индекс риска рассматривается как выходной параметр, который варьируется от 0 до 5. В данной работе риск разделен на пять равных компонентов. Системные переменные, включая вероятность P , степень влияния I и уровень риска

R, распределяются в четких числах поэтапно, и 25 правил устанавливаются в математической модели и рассчитываются, показаны в табл. 2.

Таблица 1

Ранговые значения параметров рисков, полученные методом экспертных оценок

Входные и выходные значения	Лингвистический термин	Определение	Ранг
Уровни вероятности	Маловероятные	Крайне редкие, почти никогда не случается	1
	Незначительные	Вероятность того, что проявится, очень мала	2
	Случающиеся иногда	Вероятность возникновения находится в районе 50 %	3
	Вероятные	Высокая вероятность того, что это может произойти	4
	Частые	Почти наверняка очевидно и неизбежно	5
Уровни влияния	Несущественные	Незначительное или полное отсутствие реального негативного воздействия	1
	Малые	Вероятность негативных последствий минимальна	2
	Умеренные	Умеренная угроза для организации проекта	3
	Критические	Серьезно повлияет на успех организации проект.	4
	Катастрофические	Имеют крайне негативные последствия и могут приостановить нормальную работу всех проектов компании	5
Уровень риска	Незначительный	Риск является приемлемым, а последствия незначительны и могут быть проигнорированы	1–4
	Терпимый	Возможно принятие мер по предотвращению возникновения средних рисков, которые не являются приоритетными, но вероятность их возникновения не позволяет игнорировать существование	5-8
	Существенный	Реакция должна быть предпринята в установленные сроки для принятия мер по смягчению последствий	9–12
	Значительный	такие риски имеют высокий приоритет, и должны быть предприняты немедленные действия для устранения или смягчения возможных последствий.	13–16
Уровень риска	Недопустимый	Должны быть реализованы меры по снижению риска. Катастрофические риски с тяжелыми последствиями и особенно высокой вероятностью возникновения. Должны быть приняты незамедлительные меры, имеющие наивысший приоритет. Может угрожать деятельности организации или успеху проекта.	17-25

В последующем, после реализации операций нечеткой логики мы можем получить многомерную таблицу достоверности и выбрать действия на основе нечетких результатов каждого измерения. Дефаззификация в системе нечеткого вывода – в контексте данного исследования, рассматривается как процедура перехода от функции тождества выходных лингвистических значений к их доминирующим значениям. Причем, каждому правилу присваивается степень принадлежности в некотором выходном нечетком множестве, а целью дефаззификации является получение количественных значений для каждой выходной переменной путем применения агрегированных результатов всех выходных переменных, учитываемых внешним устройством системы нечеткого вывода.

Таблица 2

Матрица PI-риска с рангами системы нечеткого вывода

$R = P \times I$		Вероятность				
		<i>IM</i>	<i>R</i>	<i>O</i>	<i>P</i>	F
Степень влияния	<i>N</i>	1	2	3	4	5
	<i>M</i>	2	4	6	8	10
	<i>MA</i>	3	6	9	12	15
	<i>C</i>	4	8	12	16	20
	<i>CA</i>	5	10	15	20	25

Центр тяжести является одним из самых популярных методов дефаззификации нечеткого вывода функции, выбран метод из-за его простых вычислений и правдоподобия интуиции, определяется следующим уравнением:

$$z = \frac{\int \mu_i(x) \cdot x \cdot dx}{\int \mu_i(x) \cdot dx}$$

где Z – дефаззифицированный результат; x – выходная переменная; $\mu_i(x)$ – агрегированная функция принадлежности.

Результаты. В качестве примера рассмотрим применение математической модели к результатам экспертного опроса факторов технических рисков при строительстве сложных объектов.

Сначала было проведено ранжирование факторов риска и определены значения риска с помощью матрицы рисков, результаты которой приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели влияния значимых факторов риска на конечный результат с учетом инструментария системы нечеткого вывода

Ключевые факторы риска	Вероятность	Влияние	Общепринятая методика		Предложения по использованию инструментария «Системы нечеткого вывода»	
			Уровень риска $R = PI$	Ранг	Уровень риска	Ранг
Результаты инженерно-геологи изысканий	2,05	4,30	8,815	4	3,3	4

Ключевые факторы риска	Вероятность	Влияние	Общепринятая методика		Предложения по использованию инструментария «Системы нечеткого вывода»	
			Уровень риска $R = PI$	Ранг	Уровень риска	Ранг
Использование новых технологий	2,90	2,65	7,685	4	3,25	4
Обследование и контроль качества	4,05	2,35	9,518	3	3,32	3
Результаты оценки инфраструктуры	3,25	3,45	11,212	2	3,42	2
Результаты оценки технических условий	1,30	4,65	6,045	5	2,38	5

Используя алгоритм логического вывода, значения получим после объединения правил нечеткого вывода и системного метода через блок дефазификатора, что и показано в таблице. Указанное позволяет определить такие показатели как влияние, вероятность свершения события.

Выводы. В качестве выводов представляется возможным отметить то, что значение риска нечеткого заключения составляющее 2,38 указывает на значительный риск, при общем рейтинге риска 5 (в соответствии с примененным в исследовании критерием риска). Для снижения риска является целесообразным предусмотреть меры по смягчению последствий при свершении рисковомго события, а в идеальном случае и уход от риска, ввиду неблагоприятных последствий при его реализации. Это объясняется тем, что данный риск имеет достаточно высокий приоритет, со значением выше среднего. В этой связи, целесообразно немедленно принимать меры по устранению или уменьшению последствий, которые могут возникнуть в результате его свершения.

Исследования показали, что применение метода математического моделирования с использованием инструментария нечеткого вывода для прогнозирования ключевых факторов риска в начале жизненного цикла строительного проекта позволит значительно повысить шансы на успех проекта на всех его этапах.

Сосредоточив внимание на ключевых технических факторах риска с учетом этапов жизненного цикла строительства сложных объектов, мы будем иметь возможность не только рационально распределять ресурсы для решения этих проблем, но и своевременно устранять влияние риска, а возможно и исключать его неблагоприятные последствия.

Литература

1. *Абрамов И. Л.* Планирование строительного производства с учетом рисков и неопределенности / И. Л. Абрамов, Д. С. Сараева // Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции «Проектирование и строительство», 21 марта 2019 г. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 27–30.
2. *Лapidус А. А.* Факторы и источники риска в жилищном строительстве / А. А. Лapidус, О. Д. Чапидзе // Строительное производство. 2020. № 3. С. 2–9.
3. *Александр А. В.* Перспективные направления развития организации строительства // Научное обозрение. 2015. № 10–1. С. 378–381.
4. Факторы риска при сооружении энергообъектов на возобновляемых источниках энергии в России / Л. В. Нефедова, А. А. Соловьев, Л. А. Шилова, Д. А. Соловьев // Вестник МГСУ. 2016. № 12. С. 79–90. DOI 10.22227/

1997-0935.2016.12.79-90. EDN XEJGNJ. Исаев Н. В. Порядок разработки и согласования специальных технических условий [J]. Научный альманах, 2019 (2–2): 33–37.

5. *Ilbahar E., Karaşan A., Cebi S., et al.* A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system [J]. Safety science, 2018, 103: 124–136.

6. *Parsamehr M., Ruparathna R.* A BIM-based two-stage fuzzy inference system for safety risk prediction in building construction projects [J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2022, 50(1): 11–23.

7. *Keshk A. M., Maarouf I., Annany Y.* Special studies in management of construction project risks, risk concept, plan building, risk quantitative and qualitative analysis, risk response strategies [J]. Alexandria engineering journal, 2018, 57(4): 3179–3187.

УДК 69.051

Людмила Геннадьевна Жавнерова,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
Виталий Владимирович Ершов,
зам. генерального директора
(холдинг Setl Group (ООО «Сэтл Строй»))
E-mail: Zhavnerova_LG@spbrealty.ru,
Ershov_VV@spbrealty.ru

Liudmila Gennadievna Zhavnerova,
Master's degree student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
Vitalii Vladimirovich Ershov,
Depute of the CEO
(Holding Setl Group)
E-mail: Zhavnerova_LG@spbrealty.ru,
Ershov_VV@spbrealty.ru

ПОТОЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

ORGANIZATION OF IN-LINE PRODUCTION MANAGEMENT AT THE CONSTRUCTION SITE

Строительная отрасль сегодня динамичная и активно развивающаяся, несмотря на текущие вызовы и ограничения. Заданные тенденции, цели по объему строительства ставят перед учеными, застройщиками и девелоперами и строителями новые задачи и вызовы по оптимизации процессов. Как выстроен процесс жилого строительства сегодня, какие объемы, с учетом имеющегося потенциала, возможно реализовывать качественно и в срок, какие перспективы оптимизаций, новых инженерных решений предлагает сфера строительства сегодня?

Поиск практических решений по сокращению сроков строительства, обеспечению качества при растущих объемах работ приводит строителей к необходимости построения потока строительного производства путем тщательного планирования и оперативного управления с целью обеспечения концепции бережливого производства по созданию законченной строительной продукции. Используя термин поток, а точнее поточный метод организации строительства, прежде всего, мы обращаемся к открытиям еще советских ученых нашей страны в области организации строительства, к разработкам теории поточной организации. Рассмотрим пример того, как известные и проверенные теоретические положения поточного строительства до сих пор востребованы на практике сегодня.

Ключевые слова: поточное строительство, календарное планирование, строительный проект, конвейер, информационная модель объекта, бережливое производство.

The construction industry today is dynamic and actively developing, despite the current challenges and limitations. The set trends and goals in terms of construction volume set new tasks and challenges for developers and developers, builders and scientists to optimize processes. How is the process of residential construction built today, what volumes, taking into account the existing potential, it is possible to implement qualitatively and on time, what prospects for optimizations, new engineering solutions are offered by the construction sector today?

The search for practical solutions to reduce construction time, quality assurance with increasing volumes of work leads builders to the need to build a construction production flow through careful planning and operational management in order to create lean production of finished construction products. Using the term flow, or rather the flow method of organizing construction, first of all, we turn to the discoveries of Soviet scientists in the field of construction organization, to the development of the theory of flow organization. Let's consider an example of how a well-known and proven theoretical model of in-line construction can be implemented in practice today.

Keywords: in-line construction, calendar planning, construction project, conveyor, information model of the facility, lean manufacturing.

Говоря о строительной отрасли в ключевых государственных ведомствах, все чаще звучит фраза «Новый ритм строительства». Проанализировав заявленные Министерством строительства и ЖКХ, а также НОССТРОЙ цели и задачи, стоит выделить несколько ключевых:

- к 2030 году планируемый объем по вводу жилья должен составить не менее чем 120 млн кв. метров ежегодно, при условии, что общественные пространства будут обеспечивать максимальное удобство и комфорт жителей;

- новый ритм строительства, а значит необходимость административной, цифровой и профессиональной трансформация строительной отрасли в период перемен;
- потребуется увеличение производительности труда в строительной отрасли на 10 %, в том числе за счет внедрения новых технологий и материалов, повышения уровня профессиональных компетенций кадров, ТИМ [5].

По мнению президента НОСТРОЙ Глушкова А. Н. предыдущие годы в строительной отрасли, как и во многих других отличались тем, что отечественные производства зачастую обращались к опыту и примерам иностранных разработок, при том, что последние 15 лет внутри страны количество научно-исследовательских и конструкторских разработок в области стройки и строительных материалов было незначительно. Однако на текущий момент зависимость от зарубежных партнеров должна быть минимальной, а развитие современной науки в области производства строительных материалов и технологий требует оптимизации за счет объединения. Так 2022 год был отмечен в профессиональном сообществе воплощением в жизнь еще одной инициативы – созданием Консорциума по выработке технической и инновационной политики в области строительства. В новое объединение вошли профильные министерства и все основные структуры, реализующие политику в строительной отрасли, чтобы решить основную задачу, то есть объединить усилия по технологическому развитию отрасли, внедрению инновационных разработок в строительную практику по всей стране. Инструментом в продвижении идей будет цифровая платформа для внедрения инноваций в отрасли. Она призвана стать основой новой модели взаимодействия участников строительного сообщества и вовлечь бизнес в научные исследования, переориентировать науку на реальные потребности стройкомплекса России.

Значительно усложняет процессы оптимизации и модернизации тот факт, что строительство является одной из наиболее масштабных и трудоемких областей народного хозяйства и характеризуется сложностью и вместе с тем, динамичностью процессов в условиях постоянных изменений, именно поэтому тщательная подготовка и планирование, увязка во времени и пространстве всех работ на объекте остается определяющим фактором успешного строительства. Обращаясь к определениям, организация строительства - система «подготовки строительства, установления и обеспечения общего порядка, очередности и сроков работ, снабжения ресурсами, управления и обеспечения эффективности строительства», еще В. А. Афанасьев обосновал одним из ключевых принципов поточной организации одновременное выполнение разнотипных работ при их максимально возможном сближении и обеспечении непрерывности использования ресурсов или же непрерывности освоения частных фронтов (захваток), либо непрерывности выполнения критических работ [1].

Традиционно строительно-монтажные работы выполняют по одному из трех основных методов:

- последовательному (редко применяется);
- параллельному;
- поточному.

Остановимся подробнее на применении поточного метода, который позволяет сократить потери рабочего времени (порядка 23 %), улучшить условия эксплуатации строительных машин и механизмов (примерно на 15–20 %), снизить себестоимость строительства и повысить производительность труда (на 15 и 40 % соответственно) и в конечном итоге сократить сроки строительства. Цифры данной статистики дают научное подтверждение, что внедрение поточных методов в строительство коренным образом улучшает организацию труда [3].

Основным принципом поточного метода в строительстве является полное использование производственной мощности строительной организации при равномерной и непрерывной

загрузке подразделений (участков, бригад, звеньев и отдельных рабочих). Для поточного метода организации строительного производства характерны следующие принципы:

1. Разбивка технологических процессов на технологические операции в соответствии со специальностью и квалификацией исполнителей.

2. Разбивка общего фронта работ на частные для создания наиболее благоприятных условий работ отдельным исполнителям.

3. Максимальное совмещение работ во времени.

Задачами проектирования строительного потока является определение таких его параметров, которые, с учетом рациональной технологии и организации работ по всем объектам, обеспечивают строительство объектов в пределах нормативной продолжительности, непрерывность загрузки ресурсов (бригад, машин, механизмов, материалов и конструкций) и ведения строительно-монтажных работ по каждому объекту [2].

Если обратиться к практике застройщиков Санкт-Петербурга стоит отметить применяемую на объектах строительства Холдинга Setl Group технологическую последовательность, которая была разработана и внедрена по результатам накопленного производственного опыта. Подробнее разберемся, что представляет собой данная последовательность: это своего рода методический материал обязательный к применению в работе, который является основой конвейера строительного процесса, также подсказка для планирования процессов. Технологическая последовательность включает в себя все производственные процессы и строительные работы, определяет порядок, очередность и призвана обеспечить непрерывность выполнения работ и заданные отставания. Ключевым требованием эффективной работы конвейера является обязательная завершенность работ на каждой захватке, где захваткой принята этаж-секция. Вне зависимости от вида работ подрядчик, заходя на свою захватку, должен выполнить работу и сдать ее техническому надзору, только после этого возможно перемещение на следующую захватку. Таким образом последовательность процессов, очередность и завершенность выполнения работ с заданным отставанием с целью соблюдения требования технологии строительных процессов обеспечивают непрерывное, поточное производство работ, иными словами конвейер, который позволяет сохранить качество и объем уже выполненных работ, за счет исключения недоделок, несвоевременно выявленных замечаний.

Формирование потоков одни из определяющих этапов в организации строительства объекта. На начальном этапе определяются технологические комплексы подлежащих выполнению работ, фронт работ разбивается на захватки (этаж-секции), после рассчитываются сроки выполнения работ по захваткам и в конце формируется поток производства строительно-монтажных работ, строится график производства [3].

Суть технологической последовательности – конвейера выглядит следующим образом:

- непрерывный организованный поток технологически последовательных работ;
- порядок работ подрядчиков снизу-вверх по согласованному заказчиком пути;
- обязательная завершенность работ на каждой захватке, этаж-секции с устранением дефектов сразу.

Конвейер оформлен, как наглядное пособие для всех участников строительного процесса – команды проекта, которая обеспечивает управление ходом работ и непосредственно производит эти работы, принимает решения и осуществляет контроль технологической последовательности (служба заказчика, технический надзор, генеральный подрядчик (подрядчик), пример части технологической последовательности приведен на рис. 1.

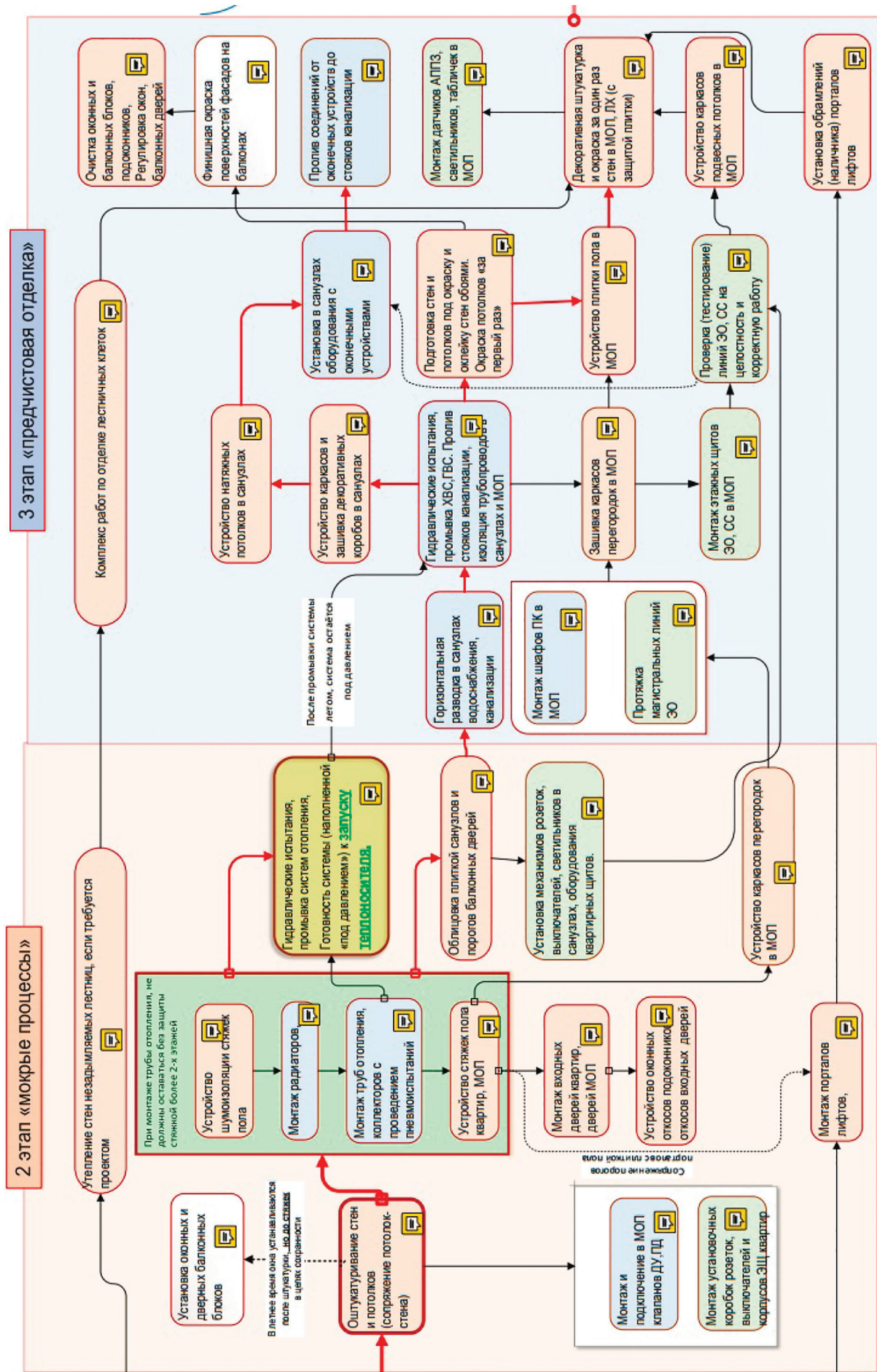


Рис. 1. Пример очередности этапов технологической последовательности

Таким образом, технологическая последовательность позволяет управлять и контролировать следующие процессы:

- планирования процессов, событий, ключевых вех;
- своевременного включения в процесс подрядных организаций;
- контроля инженерного оборудования, ресурсов, пуско-наладочных работ;
- сохранения качества и объема выполненных работ;
- планирования жизненного цикла объекта.

Один из наглядных примеров реализации конвейера при возведении монолитного высотного жилого дома продемонстрирован на рис. 2.



Рис. 2. Последовательность возведения монолитного высотного жилого дома

На представленном рисунке можно наглядно представить конвейер процессов, который происходит на практике. Технологическая последовательность включает себя возведение монолитного остова, после чего с необходимым отставанием в 3–4 этажа производится устройство кладки, за которой, в свою очередь, следует заполнение оконных проемов с уже меньшим разрывом и устройство фасадов.

В рамках всего строительного процесса на объектах холдинга весь конвейер структурирован 4 глобальными этапами, каждый из которых имеет свою ключевую стадию. Так за возведением монолитных конструкций следующий ключевой этап это, так называемые «подготовительные работы», в рамках которого контролируемым процессом является устройство каменной кладки и перегородок. Выполнение данной работы позволяет в полной мере перейти ко второму этапу «мокрых процессов», в рамках которого ключевым событием является

готовность системы и запуск тепла. На третьем этапе, именуемым «предчистовая отделка», ключевым событием становится подписание актов готовности помещений к чистовой отделке, что подтверждает выполнение, завершенность и качество ранее выполненных работ и наконец четвертый основной этап – это «чистовая отделка», результатом и контролируемым процессом является готовность помещений к приемке.

Описанные выше поток непрерывного строительного процесса, основополагающим принципом которого является завершенность работ на этаж-секции, соответствует принципам бережливого производства – это сохранение качества и объема выполненных работ, каждый продукт строительного производства промежуточный и конечный имеет свою ценность.

Важно подчеркнуть, что обе теории, как теория поточного производства, так и бережливого производства произошли путем развития принципов организации работы конвейерного производства применительно к строительной отрасли. Где главная цель – это минимизировать сроки и затраты строительства за счет сокращения потерь при обеспечении надлежащего качества. Концепция бережливого производства позволяет снизить количество замечаний, брака и переделок, также оптимизировать передвижение подрядных организаций, логистику материалов, оборудования, механизмов.

Стоит учитывать, что помимо построения эффективной технологической последовательности непосредственно на объектах строительства немаловажным фактором является создание системы для настройки процессов, оперативного управления и анализа описанного поточного метода особенно в условиях значительных объемов строительного производства на ряде объектов, требуется цифровая платформа, которая позволит объединить все информационные потоки в рамках строительного производства объекта.

Обратимся к одному из примеров, реализованных на практике, где поточный метод строительства, тот самый конвейер был интегрирован в цифровую платформу, это система ICONA (Investment Control Assistant). Она представляет собой программно-аппаратный комплекс для управления строительством, а также автоматизации работы команды застройщика. Цифровой комплекс, построенный на бизнес-процессах отечественной строительной отрасли. Суть ICONA заключается в формировании общего информационного поля между командой управления проектом, смежными подразделениями, ответственным за реализацию строительства, генеральным подрядчиком и подрядными организациями, где каждому участнику процесса выделена соответствующая роль и поручено выполнение ранее запланированных в программе задач [4].

В целом ключевые элементы концепции и интерфейс системы ICONA приведены в табл. 1 и рис. 3.

Таблица 1

Концепция элементов системы ICONA

Организация – Заказчик	Цифровая модель объекта	График производства работ	Контроль процессов	Отчеты для принятия управленческих решений
Передача проектной документации	Структура объекта Технологические карты Подрядчики	Технологическая последовательность; СТК	Статистический и строительный контроль Приемка квартир Безопасность объекта	On-line и off-line форматы

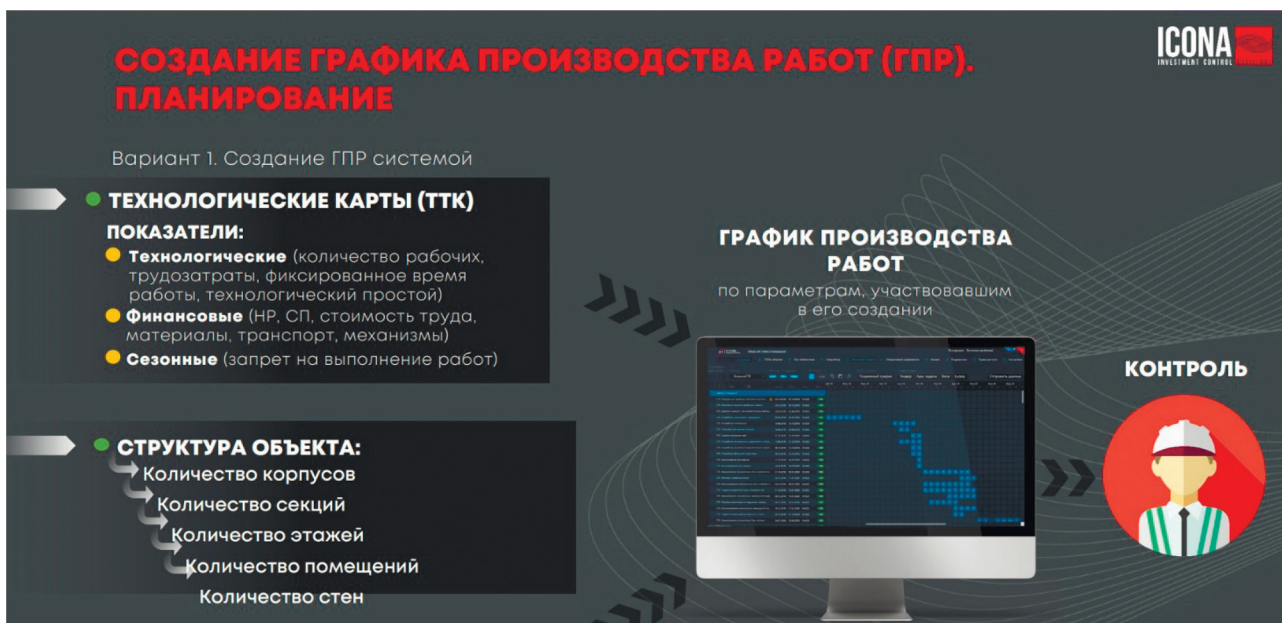


Рис. 3. Интерфейс программы iCONA

Система iCONA позволяет вести ежедневный контроль за развитием строительного объекта, так как необходимая отчетность генерируется автоматически и доступна в режиме реального времени. Формат и наполняемость отчетности могут меняться в зависимости от потребности заказчика.

По результатам применения системы iCONA, исходя из информации, предоставленной командой разработчиков и строительной компанией Холдинга Setl Group на 70 объектах стоит отметить следующие достижения:

- бюджет строительства по ряду объектов был сокращен до 7 %;
- увеличилась скорость реагирования для устранения допустимых отклонений;
- значительно снизились риски утраты и хищения материалов, а также травматизма;
- строгое соблюдение заявленных в ДДУ сроков;
- значительно повысилось качество передаваемых квартир.

Единый график производства работ (ГПР) по единому классификатору, являющийся основой процесса строительного производства, формируется для всех участников проекта по принятой технологической последовательности.

Примеры выгрузки отчетных материалов программы для текущей работы, оперативно-го контроля приведены в табл. 2., где графически отображены производимые в текущий момент работы, зеленый цвет ячеек информирует о выполнении, завершении и приемке данного вида работ на данной захватке, а желтый цвет констатирует процесс выполнения работ, без подтверждения ее законченности.

В заключении важно подчеркнуть, что реализацию на практике любого строительного процесса и оптимизации можно проанализировать и оценить спустя время. Однако уже сейчас текущий опыт применения конвейера, то есть непрерывного организованного потока технологической последовательности работ, где основополагающими принципами являются тщательное планирование, соблюдение последовательности и обязательная законченность работ на каждой захватке позволяет говорить об успешной оптимизации строительного производства на объектах различного объема, сложности и уникальности.

Безусловным преимуществом четко сформулированной и наглядной технологической последовательности стала возможность интеграции данной методики на цифровую платформу,

что позволяет говорить о дальнейших перспективах улучшения процессов, масштабирования, копирования на других объектах и в целом расширения функционала поточного управления на строительной площадке.

Таблица 2

Пример графического отчета по выполнению СМР на объекте

Корпус 1 Секция 1. 4												
Фасад (Лицевой)												
Кровля												
Этаж 12												
Этаж 11												
Этаж 10												
Этаж 9												
Этаж 8												
Этаж 7												
Этаж 6												
Этаж 5												
Этаж 4												
Этаж 3												
Этаж 2												
Этаж 1												
Технический этаж												
Эталон												
Техкарты	АКТ Предчистовой	СТК. Вытражи встроенных помещений	СТК. Стекллянные козырьки	СТК. Металлоконструкции входных групп	СТК. Покраска фасадной краской (с балконов, 2й слой)	СТК. Регулировка окон, установка air box, фурнитуры, снятие пленки	СТК. Испытание молниезащиты	СТК. ПНР лифтового оборудования	СТК. Фурнитура розеток, выключателей + терморегуляторы	СТК. Оконечное оборудование АППЗ в квартирах	СТК. Вентиляторы, решетки и КИВ в квартирах	СТК. Подъемники для маломобильных групп населения
	Акты	Надземная часть здания					Внутренние инженерные системы					

Таким образом, изученный практический опыт, проведенный анализ описанной технологии и принципов реализации методов поточного строительства являются успешным примером развития строительной отрасли в рамках Цифровой трансформации комплекса, что является одним из ключевых направлений Стратегии развития стройотрасли и ЖКХ РФ на период до 2030 года с дальнейшей перспективой до 2035 года. А значит поставленные цели по сокращению финансовых затрат на создание объектов капитального строительства в пределах 20 % и вместе с тем уменьшению сроков строительства до 30 % являются достижимыми при условии дальнейшего взаимодействия строительного комплекса и научной среды.

Литература

1. Организация строительного производства : учеб. для вузов / под общ. ред. Т. Н. Цая, П. Г. Грабового. М. : АСВ, 1999. 430 с.
2. Дикман Л. Г. Организация, планирование и управление строительным производством: учеб. / Л. Г. Дикман. М. : Высш. шк., 1982. 480 с.
3. Галкин И. Г. Сборник задач по организации и планированию строительного производства: учебное пособие для вузов / И. Г. Галкин, Э. И. Сафонова, Г. Э. Парубек. М. : Высш. шк., 1985. 254 с.
4. Болотин С. А. Методология оптимального ресурсораспределения в календарном планировании строительства объектов и их комплексов: Дисс. на соиск. учен. степ. д. т. н. СПб. : СПбГАСУ, 1998. 348 с.
5. Афанасьев В. А. Афанасьев А. В. Организация и планирование строительного производства. Поточная организация работ: Учебное пособие / СПбГАСУ. СПб., 1999. 62 с.: ил.

УДК 69.036.1

Аюна Сергеевна Занадворова,
магистрант
Вера Михайловна Челнокова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: anunka@yandex.ru,
ver-m@list.ru

Ayuna Sergeevna Zanadvorova,
Master's degree student
Vera Mihailovna Chelnokova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: anunka@yandex.ru,
ver-m@list.ru

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ГАЗОПРОВОДОВ

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF THE LINEAR PART OF GAS PIPELINES

С каждым годом становится очевиднее возрастающая роль природного газа в развитии промышленности и энергообеспечения России. В статье рассмотрены особенности строительства линейной части газопроводов, как важнейшего элемента газотранспортных систем. Высокая значимость объектов трубопроводного транспорта предопределила широкое применение новых технических решений и современных технологий. Выявлены особенности применения бестраншейных способов прокладки трубопроводов, в частности, технологий микротоннелирования при строительстве переходов газопроводов через водные преграды. Предлагается изучение положительного опыта ПАО «Газпром» по освоению данной технологии. Результаты исследований будут полезны для решения практических и производственных задач.

Ключевые слова: газопровод, газотранспортная система, прокладка труб, бестраншейные технологии, газопровод-дюкер, микротоннелирование.

Every year the increasing role of natural gas in the development of industry and energy supply in Russia becomes more obvious. The article discusses the features of the construction of the linear part of gas pipelines as the most important element of gas transmission systems. The high importance of pipeline transport facilities has predetermined the widespread use of new technical solutions and modern technologies. The features of the use of trenchless methods of laying pipelines, in particular, microtunneling technologies in the construction of gas pipeline crossings through water barriers, are revealed. Also, the study of the positive experience of PJSC Gazprom in the development of this technology is proposed. The research results will be useful for solving practical and production tasks.

Keywords: gas pipeline, gas transmission system, pipe laying, trenchless technologies, gas pipeline-duker, microtunneling.

Газотранспортная система России составляет более 170 тысяч километров. Одной из основных задач предприятий в газовой отрасли является повышение качества и снижение затрат на строительство единой газотранспортной системы с целью повышения надежности и экономической эффективности транспортировки газа. Необходимым условием надежного функционирования газотранспортных систем является внедрение новых технических решений и современных технологий при строительстве газопроводов, особенно при пересечении естественных и искусственных преград.

Доля затрат на сооружение линейной части трубопровода составляет 70–80 % общего объема капитальных вложений на создание газотранспортной системы. Остальные 20–30 % приходятся на компрессорные станции, газораспределительные станции, узлы комплексной подготовки газа и другие вспомогательные сооружения.

При проектировании трассы газопровода все факторы и условия строительства и эксплуатации выражают через стоимостные показатели. Определяют оптимальный вариант прохождения трассы газопровода через минимум приведенных затрат на транспорт единицы продукта от начальной до конечной точки газопровода. Проработка «оптимальной

трассировки» включает в себя такие вопросы, как наименьшая длина трассы, минимальный снос существующих зданий и сооружений, попадающих в охранную зону газопровода, наименьшая протяженность прокладки по заболоченным и обводненным участкам, землям особо охраняемых природных территорий, землям особо ценных сельскохозяйственных угодий. Предпочтительной является трассировка по земельным участкам с благоприятными грунтовыми условиями (отсутствие скальных, многолетнемерзлых и плавунных грунтов), минимальное количество пересекаемых естественных и искусственных препятствий и сооружений [1].

Порядок работ, связанных с возведением линейных объектов, имеет свои особенности. Трасса трубопровода разбивается на примерно одинаковые участки, на каждом из которых последовательно выполняется определенный вид работ (срубка зеленых насаждений, земляные работы, укладка трубы и пр). Таким образом, при строительстве линейных объектов есть все условия для организации поточного производства работ, что приводит к сокращению сроков строительства и повышению производительности труда рабочих и машин [2].

Производственные работы и все применяемые материалы строго контролируются на соответствие нормативным требованиям ГОСТ, строительным нормам и правилам, техническим условиям [3].

В настоящее время при строительстве магистральных газопроводов выделяют следующие основные схемы прокладки: а) надземную, б) наземную в) подземную (рис. 1).

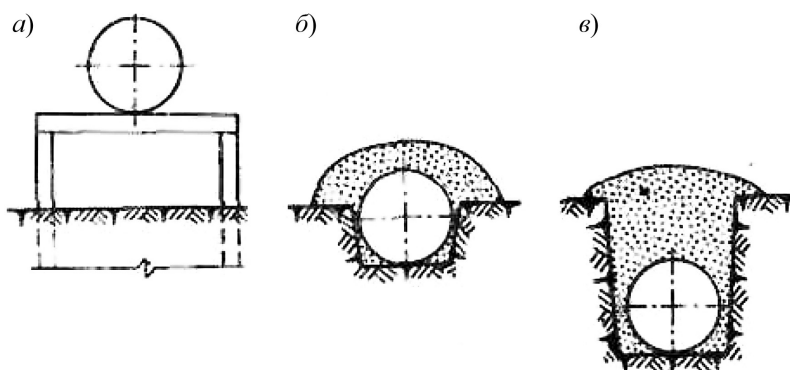


Рис. 1. Конструктивные схемы прокладки линейной части магистральных газопроводов

Надземная прокладка предусматривает сооружение газопровода над поверхностью земли на различных опорных конструкциях. В качестве опор могут использоваться металлические или железобетонные сваи, на которые непосредственно укладывается газопровод.

При строительстве линейной части газопроводов подземным способом можно использовать несколько методов прокладки, часть из которых относится к инновационным (рис. 2).

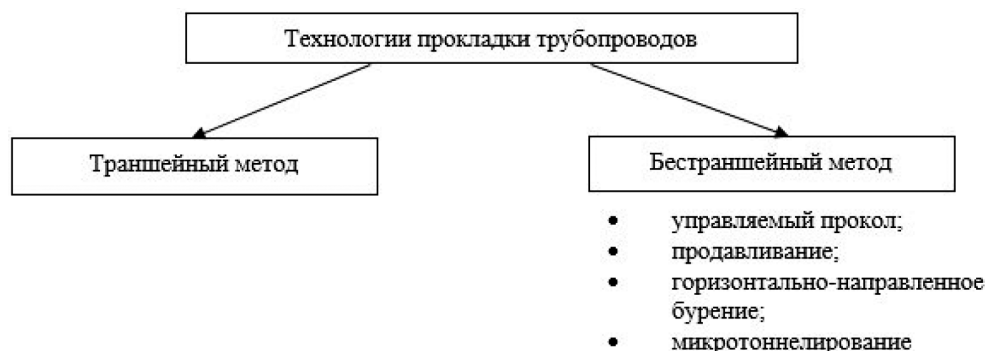


Рис. 2. Основные методы подземной прокладки трубопроводов [4]

Траншейный способ прокладки газовых сетей является наиболее традиционным и в основном применяется при отсутствии необходимого оборудования для реализации бестраншейного способа прокладки.

Каждая из бестраншейных технологий применяется в соответствующем диапазоне диаметров и длин прокладываемых коммуникаций с учетом технических, экологических, экономических и других условий прохождения и требований к переходу.

Бестраншейная прокладка – наиболее востребованный метод укладки подземных газопроводов. Технология дает возможность проводить работы в короткий срок, сохраняя все внешнее благоустройство, исключая необходимость перекрытия автомобильных дорог, железнодорожных путей. Бестраншейное бурение возможно использовать как в городской среде в стесненных условиях, так и в условиях сложного природного ландшафта при пересечении естественных преград.

Газопроводы, ввиду своей значительной протяженности, как правило, пересекают множество разнообразных естественных и искусственных преград. Переходы через водные преграды (реки, водохранилища, озера) – наиболее сложные и дорогостоящие инженерные сооружения.

Переходы газопроводов через водные преграды проектируют с учетом данных гидрологических, геологических, топографических изысканий и условий эксплуатации существующих и проектируемых мостов, гидротехнических сооружений, перспективных работ в заданном районе, навигационных особенностей и экологических условий водоема [5].

Инновационные методы строительства для прокладки трубопроводов применяются при решении сложных инженерных задач, поэтому изучение опыта ПАО «Газпром» по применению метода микротоннелирования при строительстве газопровода «Сила Сибири» через реку Лена представляется крайне важным и показательным.

В настоящее время по магистральному газопроводу «Сила Сибири» транспортируется природный газ российским потребителям на Дальнем Востоке и в КНР. «Сила Сибири» представляет собой магистральный газопровод высокого давления, диаметром 1420 мм и общей протяженностью около 3000 км [6].

В сентябре 2022 года, в рамках строительства газопровода «Сила Сибири», был осуществлен самый сложный этап прокладки – переход газопровода через реку Лена методом микротоннелирования. Газопровод диаметром 1420 мм был проложен внутри предварительно подготовленного подземного железобетонного тоннеля на глубине 13 м ниже отметки дна реки.

Уникальность проекта заключается в сложном географическом рельефе, где перепад высот между точкой входа и точкой выхода составляет 158 м, что было зафиксировано в Книге рекордов России. Работа шла на глубине до 200 м, длина основного тоннеля составила 1491,29 м, а резервного – 1497 м. Причем большая часть проходки осуществлялась в скальной породе, что не просто даже в условиях работы на поверхности.

Для осуществления данной инженерной задачи потребовалось применение самой современной техники и оборудования. Разработку грунта вели дистанционно управляемой микротоннелепроходческой установкой Direct Pipe (рис. 3). Тоннелепроходческий щит запустили с одной стороны реки, настроив все координаты, и встретили его на выходе с другого конца. После работы проходческого щита в тоннель домкратами были задвинуты железобетонные кольца. После протаскивания колец была выполнена подготовка самих труб. Самое сложное – протащить трубу через тоннель, для уменьшения трения на подготовленные к протаскиванию плети при помощи трубоукладчиков установлены опорно-защитные

устройства роликового типа УОЗР. С помощью тяговой лебедки ЛП-152 с комплексом тормозящих и удерживающих устройств, установленной на площадке приемного котлована, и каната, протянутого через тоннель, труба протаскивается в подготовленный тоннель. Для увеличения тягового усилия при протаскивании совместно с тяговой лебедкой применяются доталкиватель Pipe Thruster «Herrenknecht НК750РТ DP» с максимальным усилием в 750 тн, полиспасты, а также якорное устройство со свободной подачей тягового каната диаметром 64,0 мм длиной не менее 6000 м.

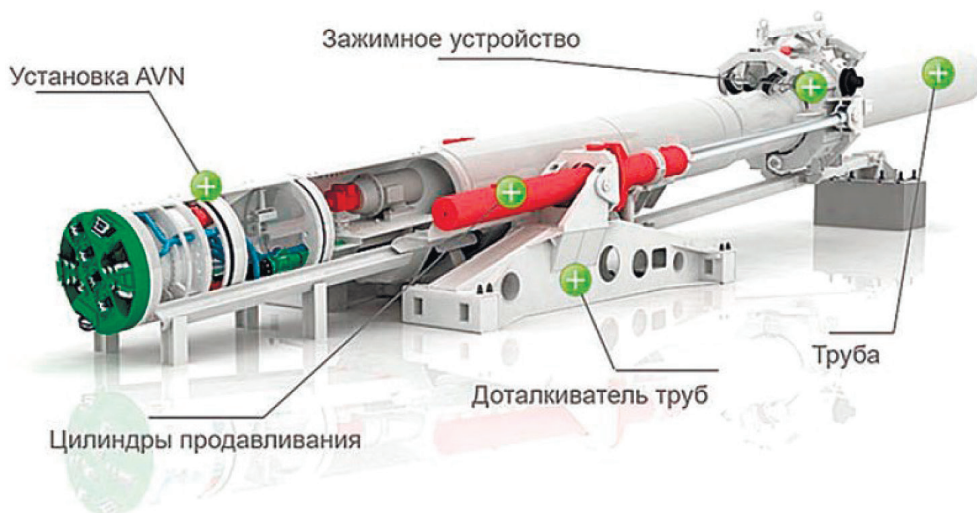


Рис. 3. Основные компоненты Direct Pipe

Бестраншейные методы прокладки трубопроводов дают возможность проводить строительство в тяжелых условиях, где раньше без специальных методов, таких как водопонижение, замораживание, химическое закрепление грунтов и прочее, прокладка трубопровода была бы невыполнима [7].

Успешная реализация проекта перехода газопровода через реку Лена методом микротоннелирования показывает, что при прокладке линейной части газопровода закрытыми методами увеличиваются темпы проведения работ, а также обеспечивается высокая экологичность. Вышеописанное проектное решение заставляет изменить общепринятый, традиционный подход к прокладке газопроводов открытым способом.

Мировой опыт строительных компаний показывает, что дешевизна прокладки газопроводов при переходах естественных и искусственных препятствий открытым способом – заблуждение. При оценке издержек, связанных с необходимостью восстановления благоустройства, а также сроков производства строительных работ, бестраншейные способы прокладки становятся выгоднее. В современной практике развитых стран до 95 % объема работ по строительству подземных коммуникаций производится бестраншейными методами. Данные технологии стремительно завоевывают признание и на российском рынке [8].

По результатам анализа технологий прокладки трубопроводов можно сделать вывод, что для выбора способа производства работ необходимо провести комплексную оценку технологических параметров, стоимости, области применения и сроков проведения работ. Для каждой ситуации следует рассмотреть различные варианты технологии прокладки трубопровода на основе технико-экономического сравнения методов.

Бестраншейная прокладка коммуникаций является наиболее перспективным и активно развивающимся направлением подземного строительства. Большой интерес заказчиков, проектных институтов и строительных компаний, подкрепленный уже реализованными

проектами на территории страны, открывает устойчивые перспективы развития технологий бестраншейной прокладки трубопроводов в России.

Литература

1. *Чемодуров Ю. К.* Трубопроводный транспорт газа, нефти и нефтепродуктов: уч. пособие / Ю. К. Чемодуров. Минск : Беларусь, 2009. 520 с. : ил.
2. *Михайлов А. Ю.* Основы поточного строительства / А. Ю. Михайлов. Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Инфра-Инженерия»», 2018. 244 с. ISBN 978-5-9729-0228-6. EDN CJWWCR.
3. СП 62.13330.2011. Свод правил. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (утв. Приказом Минрегиона России от 27.12.2010 № 780) (ред. от 27.12.2021).
4. *Лопатина А. А., Сазонова С. А.* Анализ технологии укладки труб // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7, № 1. С. 93–111.
5. *Колпакова Н. В.* Газоснабжение: [учебное пособие] / Н. В. Колпакова, А. С. Колпаков; М-во образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург : Изд-во Урал ун-та, 2014. 200 с.
6. *Железняк М. Н.* Современный этап создания ГТС «Сила Сибири-2»: проблемы и перспективы / М. Н. Железняк, С. И. Сериков, М. М. Шац // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2021. № 2(61). С. 27–39. DOI 10.24412/2410-1192-2021-16103. EDN TQEXUH.
7. *Шеногин М. В.* О необходимости изучения опыта применения микро-тоннелирования при строительстве газораспределительных сетей в условиях плотной городской застройки / М. В. Шеногин, Д. Ю. Захарова // Вестник магистратуры. 2021. № 9-2(120). С. 7–9. EDN FNVNCJ.
8. *Юдина А. Ф., Кобелев Е. А.* Инновационные технологии бестраншейной прокладки новых и ремонта старых инженерных сетей // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3(62) С.101–108.

УДК 69.036.1

Артур Владимирович Зангиев,
магистрант
Вера Михайловна Челнокова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: artur.zangiev@gmail.com,
ver-m@list.ru

Artur Vladimirovich Zangiev,
Master's degree student
Vera Mikhailovna Chelnokova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: artur.zangiev@gmail.com,
ver-m@list.ru

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В СТЕСНЕННЫХ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION IN CRAMPED URBAN CONDITIONS

С течением времени и увеличением количества жителей в крупных городах России, все острее встает вопрос с определением места для строительства новых жилых зданий. Города не могут постоянно разрастаться в ширину, поэтому приходится искать территории для строительства жилых зданий на территории уже застроенных кварталов, в том числе в центре города. В основном выбираются пятна под застройку на месте недействующих предприятий, которые демонтируются и впоследствии территория застраивается новыми жилыми зданиями и социальными объектами, благодаря чему, улучшается привлекательность данных районов с точки зрения экологичности и улучшения местной инфраструктуры. Однако подобного рода застройка кардинально отличается от строительства на неосвоенных земельных участках в виду многих факторов, накладывающих ограничение на организационные и технологические решения производства работ.

Ключевые слова: организация строительства, стесненные городские условия, жилые объекты, учет затрат, технологические решения.

With the passage of time and an increase in the number of residents in large cities of Russia, the question of determining the location for the construction of new residential buildings is becoming more and more acute. Cities cannot constantly expand in width, so it is necessary to look for areas for the construction of residential buildings on the territory of already built-up quarters, including in the city center. Basically, sites for development are selected on the site of inactive enterprises, which are dismantled and subsequently the territory is built up with new residential buildings and social facilities, which improves the attractiveness of these areas in terms of environmental friendliness and improvement of local infrastructure. However, this kind of development is fundamentally different from construction on undeveloped land due to many factors that impose restrictions on organizational and technological solutions for the production of works.

Keywords: organization of construction, cramped urban conditions, residential facilities, cost accounting, technological solutions.

Организация строительства в стесненных условиях городской застройки требует особых мер предосторожности. Строительство должно происходить с учетом экологических предписаний, а также в соответствии с правилами проектирования и строительства. Основные принципы строительства в стесненных условиях городской застройки включают: уменьшение запасов земли, применение инновационных технологий и техники, применение материалов и оборудования малогабаритного характера, учитывание потребностей местной среды, обеспечение безопасности и прочих аспектов строительства.

В процессе определения сроков и стоимости реализации проекта по строительству в плотной застройке, необходимо учесть основные условия и риски:

1. Негативное влияние на соседние строения и сооружения в процессе строительства.
2. Решение имущественных отношений с владельцами рядом расположенных объектов в части инженерных сетей и коммуникаций.

3. Ветхость существующих инженерных коммуникаций, вынос из-под пятна застройки и их реконструкция.
 4. Ограничения по максимальной высоте и площади планируемого строительства.
 5. Ограничения по транспортной доступности к объекту строительства.
 6. Ограниченные энергетические ресурсы на нужды строительства и функционирование будущего объекта.
 7. Ограничения по размещению и хранению материалов и строительной техники, а также по размещению рабочих.
 8. Ограничения по выбору строительных машин и механизмов.
 9. Необходимость демонтажа ранее расположенного объекта на территории застройки.
 10. Повышенная вероятность ошибок при прогнозировании сроков строительства.
- Общая схема анализов риска представлена на рис. 1.

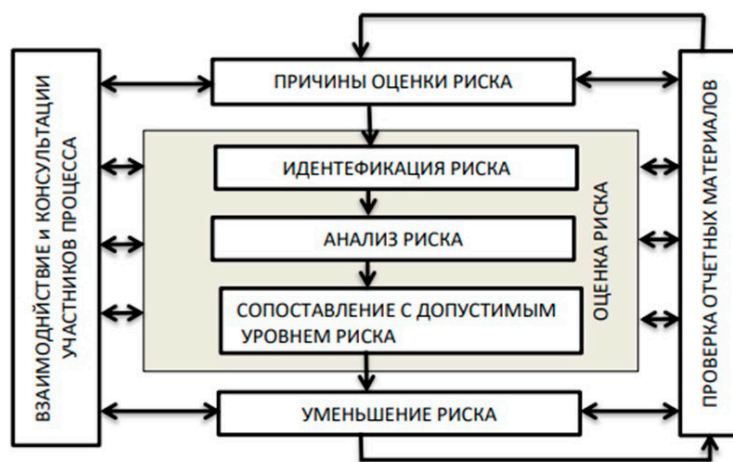


Рис. 1. Общая схема оценки рисков

Для решения организационных вопросов строительства в плотной городской застройке, необходимо провести оценку стесненности строительной инфраструктуры, для чего разработать строительный генеральный план, рассчитать и разместить на нем:

- все объекты необходимые для строительства или участвующие в нем;
- определить возможности грузопотоков конструкций, изделий и материалов;
- определить строительный объем вертикального транспорта;
- определить места складирования изделий и материалов;
- разместить временные дороги;
- определить расположение инженерных сетей [1].

Очередность размещения и варианты компоновки перечисленного обязательно должны отталкиваться от календарного плана производства работ, а также выбранного метода строительного производства. При осуществлении строительства обязательно учитывается Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации № 1443/пр от 20 октября 2017 года. Стоимость строительства напрямую зависит от стесненности и организации строительных генеральных планов с использованием разных вариантов механизации [2].

Перед началом организации строительной площадки, необходимо вынести существующие сети и инженерные коммуникации из-под пятна застройки, с учетом сохранения охранных зон, а также сохранения функциональных и эксплуатационных способностей находящихся рядом строений и сооружений.

Для решения этой задачи необходимо:

- обследование территории застройки;
- обращение к собственнику коммуникаций за получением технических условий на вынос и соглашений о компенсации;
- проектирование выносимых или реконструируемых сетей;
- согласование проектов с владельцами выносимых или реконструируемых сетей, с владельцами земельных участков, на которые выносятся сети и всеми заинтересованными городскими структурами;
- выполнение строительно-монтажных работ по выносу или реконструкции сетей;
- ввод в эксплуатацию вынесенных или реконструированных сетей;
- передача собственнику сетей.

Зачастую невозможна организация выноса сетей по «постоянной схеме», ввиду отсутствия достаточного количества свободной территории. В таких случаях необходимо предусматривать строительство временных сетей на период строительства, с последующим монтажом постоянных сетей.

Также одной из проблем выноса сетей могут быть бесхозные сети, являющиеся частью действующих сетей. Или же, например, один тепловой коллектор на несколько зданий. При производстве работ по выносу таких сетей появляется проблема с большими финансовыми вложениями для приведения выносимых сетей под действующую нормативную базу, включающие в себя реконструкцию существующих зданий, для организации в них индивидуальных тепловых пунктов и водомерных узлов или организацию изменения категории надежности электроснабжения.

Для организации движения транспорта на строительной площадке разрабатывается соответствующий проект с согласованием в ГИБДД, в случае частичного расположения строительной площадки на проезжей части или тротуаре организация движения разрабатывается в разделе проекта организации строительства.

Для организации вывоза грунта и строительного мусора со строительной площадки, необходимо учитывать ограниченное пространство мест ожидания и погрузки самосвалов, в связи с чем требуется правильно рассчитывать транспортный поток, количество и тип механизированных средств по выбору грунта, в целях исключения создания заторов. Данное ограничение обязательно должно учитываться при составлении календарного плана производства работ.

То же самое касается и заказа бетонной смеси на строительную площадку. Максимальная продолжительность транспортировки и подачи бетонного раствора, не должна превышать время сохранения бетонной смесью своих свойств, которое зависит от многих факторов, таких как температура воздуха, типа пластификатора, противоморозных добавок, водоцементного отношения и даже скорости вращения барабана автобетоносмесителя.

Технологические решения при строительстве в условиях плотной городской застройки напрямую влияют от конструктивных характеристик строящегося объекта. В связи с этим для приспособления к стесненным условиям, необходимо применять конструктивные решения, которые бы позволяли применять нестандартные технологические процессы, машины и механизмы, которые бы позволили увеличивать темпы строительства и улучшать технико-экономические показатели. На рис. 2 показана схема изменения конструктивных характеристик.

При выборе технологии производства свайных фундаментов необходимо ориентироваться на безударный метод, в виду близкого нахождения соседних зданий и во избежание нежелательных деформаций и осадок. Лучшим решением будет использование буронабивных свай.

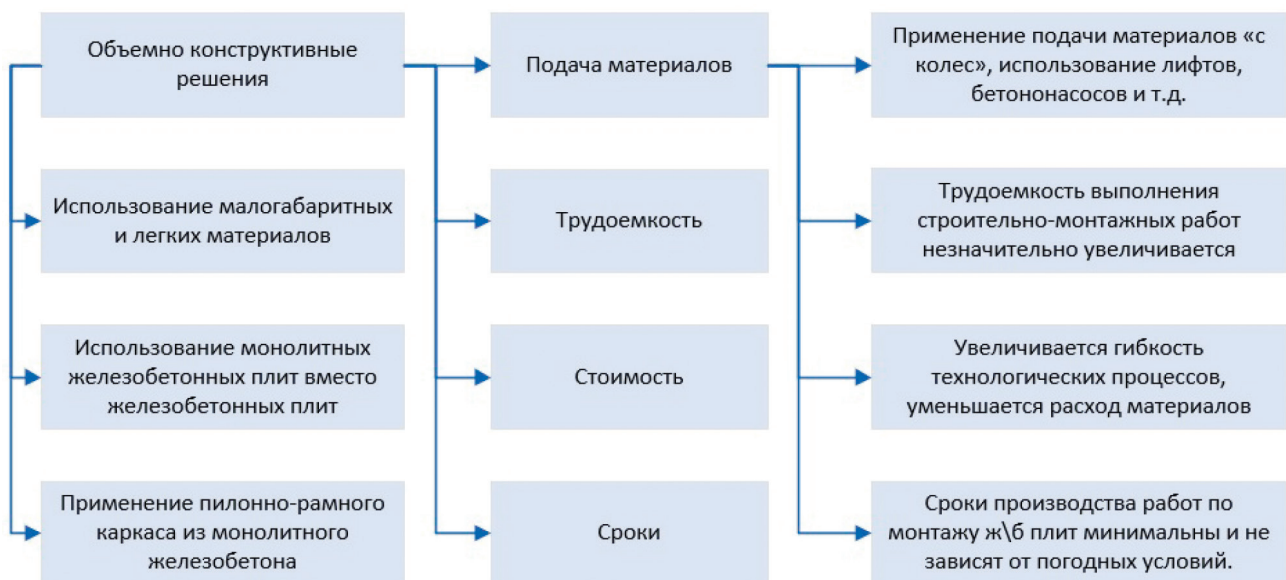


Рис. 2. Схема изменения конструктивных характеристик

При выборе фундамента будущего сооружения обязательно требуется учитывать состояние грунтов, во избежание перенапряжения существующего грунтового состояния. Для предотвращения ситуаций приводящих к аварийным ситуациям при устройстве котлованов проводится расчет оценки рисков:

- геотехнический мониторинг;
- идентификация рисков;
- определение источников риска;
- определение зон влияния;
- описание и определение уровней рисков;
- деление на категории рисков.

Пренебрежение организационных и технологических мероприятий в вопросах безопасности строительства в стесненных городских условиях может привести к нарушению нормальной эксплуатации существующих зданий и инженерных сооружений, к проблемам в эксплуатации строящегося объекта и аварийным и опасным ситуациям, угрожающим здоровью и жизням людей [3].

Литература

1. Горячев О. М. Организационно-технологическая подготовка строительства многоэтажных зданий в стесненных условиях: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2004. 22 с.
2. Чебанова С. А., Бурлаченко О. В., Поляков В. Г. Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях. ВГТУ, Волгоград, 2018 3 с.
3. Филь О. А., Русинов П. П. Оценка изменений организационно технологических характеристик при возведении жилых зданий в стесненных условиях // Инженерный вестник Дона, 2016.
4. Бутенко Е. А. Организация городского строительства. ВолгГАСУ. 2015 г. С. 34–41.
5. Чебанова С. А., Николаева Ю. С. О необходимости восстановления нарушенных при строительстве территорий // Научные исследования высшей школы в области строительства и архитектуры: сб. ст. Междунар. практ. конф. (5 фев. 2018 г., г. Новосибирск). Уфа, 2018. С. 138–140.
6. Прыкина Л. В., Горячев О. М., Бунькин И. Ф. Организационно технические основы возведения жилых зданий в стесненных условиях// Механизация строительства. 2009. № 1. С. 37–41.
7. Горячев О. М., Прыкина Л. В. Особенности возведения зданий в стесненных условиях. М. : Academia, 2003. 272 с.
8. Вильман Ю. А. Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы. Москва : АСВ, 2013. 336 с.

УДК 658.5

Дарья Игоревна Кривых,
магистрант
Вера Михайловна Челнокова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: dasha8.ru@mail.ru,
ver-m@list.ru

Daria Igorevna Krivykh,
Master's degree student
Vera Mikhailovna Chelnokova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: dasha8.ru@mail.ru,
ver-m@list.ru

КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

INTEGRATED DEVELOPMENT OF THE TERRITORY DURING THE IMPLEMENTATION OF PROJECTS IN THE TYUMEN REGION

Данная статья посвящена комплексному развитию территории в Тюменской области. Власти региона заинтересовались строительством жилых районов, обеспеченных как прилегающей экологически чистой территорией, так и социально-культурных объектов. В статье рассмотрена связь между комплексным развитием территории и комплексной застройкой. Приведены данные по застройке одного из микрорайонов в Тюменской области. Проанализированы проблемы организации и реализации подготовки и осуществления застройки.

Ключевые слова: комплексное развитие территорий, микрорайон, жилая застройка, инфраструктура, строительство объектов, реализация проектов.

This article is devoted to the complex development of the territory in the Tyumen region. The authorities of the region are interested in the construction of residential areas provided with both adjacent ecologically clean territory and socio-cultural facilities. The article considers the relationship between the complex development of the territory and complex development. The data on the construction of one of the microdistricts in the Tyumen region are given. The problems of organization and implementation of preparation and implementation of development are analyzed.

Keywords: complex development of territories, microdistrict, residential development, infrastructure, construction of facilities, implementation of projects.

В настоящее время в России наблюдается увеличение строительства жилых домов. Благодаря этому появляются новые жилые районы, в том числе, уникальные здания, которые преобразуют города.

Основой же для создания объектов является земля, которая представляет собой ценный, не возобновляемый ресурс. Недостаточность земель под застройки в городах и мегаполисах является проблемой не только для Российской Федерации, но и для зарубежных стран. Во многом поэтому появилось направление комплексного развития территории (КРТ).

Комплексное развитие территорий – это мероприятия, основной целью которых является планировка территории для обновления среды обитания и жизнедеятельности, а также улучшение условий для жизни и время препровождения, согласно утвержденной документации.

Комплексные проекты в крупных городах должны поспособствовать решению проблемы с недостаточностью земельных участков под застройку жилых домов. При этом жилые дома обеспечиваются всеми необходимыми объектами инфраструктуры. Реализация подобных проектов приводит к увеличению количества рабочих мест, улучшению экономических показателей и значительному маркетинговому эффекту для данной местности.

Вполне естественно, что такие крупные развитые социально и экономически микрорайоны в будущем займут лидирующие позиции в жилищном строительстве. Такой подход позволит гражданам получить комфортные условия для проживания.

С понятием комплексного развития территории (КРТ) тесно связано понятие комплексная застройка территории (рис. 1), которая позволяет эффективно использовать земельные участки под строительство.

Комплексная застройка территорий – застройка территории, при которой возведение сооружений, связанных общностью функций, происходит планомерно, в очередности по степени необходимости и при этом строительство жилых площадей сопровождается строительством инфраструктурных, общественных и культурных сооружений, обеспечивающих удовлетворение потребностей и духовное развитие жителей района.

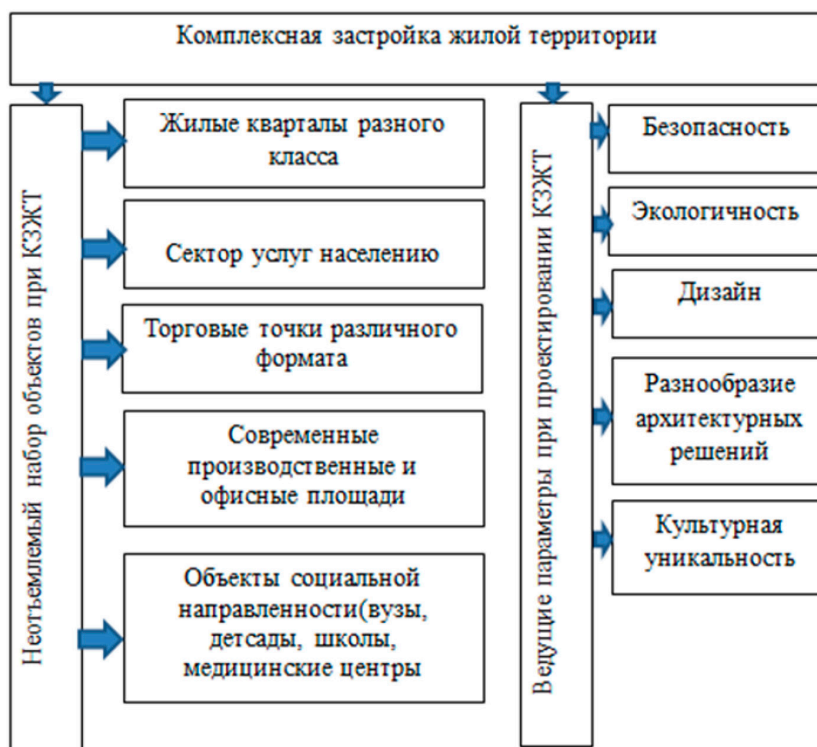


Рис. 1. Сущность комплексной застройки территории

Но, несмотря на все положительные стороны комплексного развития территории, существуют организационные проблемы, которые необходимо принимать во внимание.

1. *Проблемы законодательно-нормативной базы.* В виду того что комплексное развитие территории относительно новое направление в строительстве нормативная и правовая база недостаточно обширна, что влияет на увеличение сроков разработки и согласования проектов планировки и организации строительства объектов.

2. *Экономические проблемы.* Масштабное строительство объектов комплексного развития территорий требует больших затрат и инвестиционных вложений, которые имеют длительный срок окупаемости.

4. *Экологические проблемы.* Процесс строительного производства несет за собой загрязнение окружающей среды вырабатываемыми отходами от строительных материалов.

5. *Транспортные проблемы.* Не всегда микрорайоны, подлежащие комплексному развитию территорий, находится в центре города, зачастую строительство располагается на окраинах населенного пункта, что приводит к повышению нагрузок на транспортную инфраструктуру.

6. *Проблемы организации строительства и проектирования.* Не совпадение прогнозируемых сроков строительства со стороны руководящих органов региона и проектных сроков на застройку территории.

Анализ использования территорий и их функционального назначения в городе Тюмени показал, что районы города подходят под комплексную застройку и у каждого из них должна быть своя инфраструктура. Задача комплексного развития территории была поставлена правительством России в 2020 году. Соответствующий закон дает регионам право утверждать адресные программы сноса и реконструкции многоквартирных домов, а жильцам – право двумя третями голосов принимать решение о включении их жилья в такие программы.

Тюменская область во время прохождения первого этапа смогла отличаться быстрой подготовкой нормативной базы. Регионом были приняты два областных закона и семь постановлений правительства Тюменской области. В регионе существует адресная программа по расселению аварийных домов. За период последних трех лет более 75 тысяч квадратных метров аварийного жилья были расселены, в которых проживали 4 тысячи 200 человек. Таким образом, был достигнут результат в 50 процентов проекта. Такой темп реализации проекта лишь укрепляет позиции региона в государстве.

Как пример комплексно застроенного микрорайона средней площади 8 га рассмотрим район улиц Дамбовской – Мельникайте города Тюмени. Все здания представляют собой яркий архитектурный комплекс, который демонстрирует обособленный современный «мини-город». Основные характеристики района строительства представлены в табл. 1.

Таблица 1

Объем строительства в границах территории комплексного развития жилой застройки в районе улиц Дамбовская – Мельникайте города Тюмени

Объем строительства	81 000 кв. м
с учетом средней расчетной жилищной обеспеченности в многоквартирной жилой застройке	35 кв. м/чел.
с учетом расчетной плотности населения:	
– для многоэтажной жилой застройки	290 чел./га
– для среднеэтажной жилой застройки	210 чел./га

Реализация работ на данном участке рассчитана на 5 лет. Под демонтаж на данном участке попало около 60 частных жилых домов и вспомогательных сооружений. Данные сооружения расположены на улицах Холодильная, Волоколамская, Промышленная. В список демонтажа включены также 18 нежилых строений. Границы территории жилой застройки в районе, подлежащим комплексному развитию территории представлен на рис. 2.

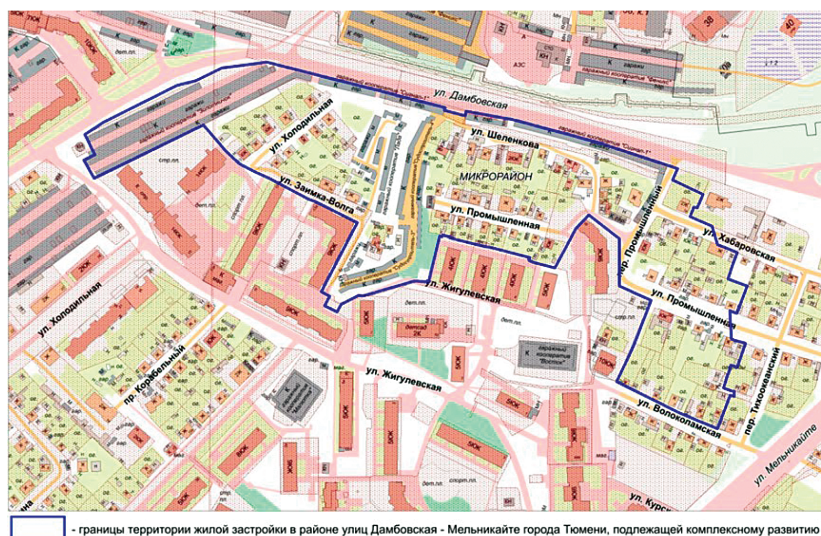


Рис. 2. Границы микрорайона, подлежащего комплексному развитию территории, в г. Тюмени

Согласно генплану Тюмени, участок годится для застройки высотными многоквартирными домами не более 25 этажей. Строительство жилых домов обязательно должно сопровождаться социально значимыми и культурными объектами. Установленные параметры разрешенного строительства объектов по видам использования мест представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные виды разрешенного использования земельных участков и объектов капитального строительства, которые могут быть выбраны при реализации решения о комплексном развитии территории и жилой застройки в районе улиц Дамбовская – Мельникайте города Тюмени

Основные виды разрешенного использования	Предельные параметры разрешенного строительства, реконструкции объектов капитального строительства	Код вида разрешенного использования
1. Среднеэтажная жилая застройка	Минимальный отступ от границ земельного участка – 3 м. Максимальное количество надземных этажей – 8. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 32,6.	2.5
2. Многоэтажная жилая застройка (высотная застройка)	Минимальный отступ от границ земельного участка – 3 м. Максимальное количество надземных этажей – 25. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 32,6.	2.6
3. Хранение автотранспорта	Минимальный отступ от границ земельного участка – 3 м. Максимальное количество надземных этажей – 9. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 85,0.	2.7.1
4. Предоставление коммунальных услуг	Минимальный отступ от границ земельного участка – 0 м. Максимальное количество надземных этажей – 2. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 100,0.	3.1.1
5. Оказание услуг связи	Минимальный отступ от границ земельного участка – 3 м. Максимальное количество надземных этажей – 5. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 50,0.	3.2.3
6. Здравоохранение	Минимальный отступ от границ земельного участка – 3 м. Максимальное количество надземных этажей – 10. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 50,0.	3.4
7. Дошкольное, начальное и среднее общее образование	Минимальный отступ от границ земельного участка – 0 м. Максимальное количество надземных этажей – 4. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 65,0.	03.05.01
8. Обеспечение занятий спортом в помещениях	Минимальный отступ от границ земельного участка – 3 м. Максимальное количество надземных этажей – 4. Максимальный процент застройки в границах земельного участка – 60,0.	5.1.2
9. Площадки для занятий спортом	Не установлены.	5.1.3
10. Земельные участки (территории) общего пользования	Не подлежат установлению.	12.0

Необходимо отметить также проблемы, с которыми руководство области столкнулось в ходе разработки проектов поскольку большинство из них находится уже на заселенных территориях. Большинство жителей таких районов не согласны на демонтаж их домов и дальнейшее переселение в новые средние и многоэтажные застройки, располагающиеся уже в развитых районах. В связи с этим крупную часть времени на реализацию проекта занимают переговоры и нахождение компромиссов с жителями таких районов.

В свою очередь покупатели нового жилья не всегда готовы на дальнейшую жизнь на окраинах города, где комплексное развитие территорий не испытывает трудности при проектировании и строительстве.

Развитие городов напрямую связано со строительством микрорайонов с их инфраструктурой как социальной и духовной, так и экологической. Строительство по комплексному развитию территорий должно быть при поддержке государства и его органов для достижения максимальной отдачи, и результатов.

Анализируя построенный микрорайон улиц Дамбовской – Мельникайте в городе Тюмени и проблемы, с которыми столкнулись застройщики в ходе строительства можно сделать вывод что для полного развития инфраструктуры района, застраиваемого по программе КРТ, неотъемлемой частью является поддержка и финансирование Администрацией ХМАО-Югры.

Для правильной реализации проекта комплексного развития территорий крайне важно учитывать строительство социально-значимых сооружений таких как школы, детские сады, спортивно-оздоровительные комплексы.

Развитие строительства микрорайонов, оснащенных социально-культурными сооружениями привлекательно не только для строителей, но и для будущих жителей при должной поддержке со стороны государственных органов города и округа.

Литература

1. *Челнокова В. М.* Анализ проблем организации комплексного освоения территорий / В. М. Челнокова, А. Б. Гуревич // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1(60). С. 161–166.
2. *Бабенко С. В.* Проблемы и перспективы реализации концепции комплексного освоения территорий в крупных городах России // Журнал правовых и экономических исследований. 2013. № 2. С. 137–140.
3. *Лажнецов В. Н.* Теория территориального развития и практика территориального планирования / В. Н. Лажнецов // Вопросы территориального развития. 2014. № 8.
4. Глава города Тюмени/ Постановление № 58-пг от 16.09.2022 г. «О комплексном развитии территории жилой застройки в районе улиц Дамбовская–Мельникайте города Тюмени.
5. *Челнокова В. М.* Организация комплексной застройки населенных мест: учебное пособие / В. М. Челнокова [и др.]. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2019. 136 с.
6. *Грей К. Ф., Ларсон Э. У.* Управление проектами: Практическое руководство / Пер. с англ. М. : Дело и Сервис, 2003. 528 с.
7. Документы по комплексной застройке городской территории в Тюмени URL: <https://tmn.sm.news/v-tyumeni-gotov-proekt-krt-na-dambovskoj-melnikajte-71457-u3t5/> (дата обращения: 06.01.2023).
8. *Шпагина И. С.* Комплексная жилая застройка крупнейшего города: современное состояние, проблемы и перспективы развития // В сборнике: экономика и управление: проблемы и перспективы материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 337–341.
9. Тюменская область: комплексное развитие территорий URL: <https://regcomment.ru/analytics/tyumenskaya-oblast-kompleksnoe-razvitiie-territorij/> (дата обращения: 09.01.2023).
10. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития России до 2030 года». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (дата обращения: 09.01.2023).
11. *Сенина О. А.* Повышение эффективности комплексного освоения территорий в целях развития жилищного строительства в мегаполисе // Вестник ИНЖЭКОНа. Сер. Экономика. 2011. Выпуск № 7(50). С 298–301. – 0,25 п. л. URL: <http://economy-lib.com/povyshenie-effektivnosti-kompleksnogo-osvoeniya-territorij-v-tselyah-razvitiya-zhilischnogo-stroitelstva-v-megapolise/> (дата обращения: 10.01.2023).
12. *Фокин Д. Е.* Проблемы и перспективы развития комплексного освоения территории / Д. Е. Фокин, Е. В. Урюпина, Н. А. Харькова. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2019. № 12 (250). С. 37–40. URL: <https://moluch.ru/archive/250/57352/> (дата обращения: 20.01.2023).

УДК 658.5:311.4

Людмила Игоревна Крумина,
магистрант
Вера Михайловна Челнокова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: asdsmeta@yandex.ru,
ver_m@list.ru

Liudmila Igorevna Krumina,
Master's degree student
Vera Michailovna Chelnokova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: asdsmeta@yandex.ru,
ver_m@list.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РЕМОНТНО-РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ЖИЛОЙ ДОМ» В Г. ВЫБОРГЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

TECHNOLOGICAL SEQUENCE OF REPAIR AND RESTORATION WORKS ON THE EXAMPLE OF THE OBJECT OF CULTURAL HERITAGE OF FEDERAL SIGNIFICANCE "RESIDENTIAL BUILDING" IN VYBORG, LENINGRAD REGION

В целях изучения практических наработок по реставрационным работам рассмотрен объект культурного наследия федерального значения «жилой дом» в г. Выборг Ленинградской области. Изучено задание на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия, выданное комитетом по культуре Ленинградской области. С учетом предварительных комплексно-научных исследований определены виды ремонтно-реставрационных работ, классифицированы с учетом действующих нормативных документов на подготовительные и основные, определена технологическая последовательность ремонтно-реставрационных работ. По результатам исследования сформирован календарный график производства работ, выбран параллельно-поточный метод организации работ.

Ключевые слова: реставрация, объект культурного наследия, методика реставрации, технологическая последовательность работ, проект организации реставрации.

Within the framework of the study, the object of cultural heritage of federal significance «Residential building» in Vyborg, Leningrad region is considered. The task for carrying out works on the preservation of the object of cultural heritage, issued by the Committee for Culture of the Leningrad region, is analyzed. Taking into account the preliminary complex scientific research, the types of repair and restoration work were determined, classified into preparatory and basic, taking into account the current regulatory documents, the technological sequence of repair and restoration work was determined. According to the results of the study, a calendar schedule of work was formed, a parallel-flow method of organizing work was selected.

Keywords: restoration, object of cultural heritage, restoration technique, technological sequence of works, restoration organization project.

Решения по организации реставрации для объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ разрабатываются в проектах организации реставрации (ПОР), которые в соответствии в п. 12 статьи 48 Градостроительного кодекса РФ являются неотъемлемой частью проектной документации по объекту капитального строительства [1].

Согласно п. 23 Постановления Правительства РФ № 87 «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» раздел 7 «Проект организации строительства» пункт «К» в текстовой части содержит технологическую последовательность работ при возведении объектов капитального строительства или их отдельных элементов [2]. Требования данного постановления распространяются также и на проектную документацию по объектам культурного наследия согласно ГОСТ 55528-2013 [3], т. к. раздел ПОР входит в состав научно-проектной документации раздела «Проект реставрации и приспособления» стадии «Проект», передаваемой подрядной организации для производства работ по сохранению объекта культурного наследия.

Согласно ГОСТ Р 59113-2020 [4] и СП 48.13330.2019 [5] технологическая последовательность работ разделяется на подготовительный период и основной период. Виды и содержание производственных работ на объекте культурного наследия регламентированы данным национальным стандартом РФ (раздел 5.2) и схематично представлены на рис. 1.

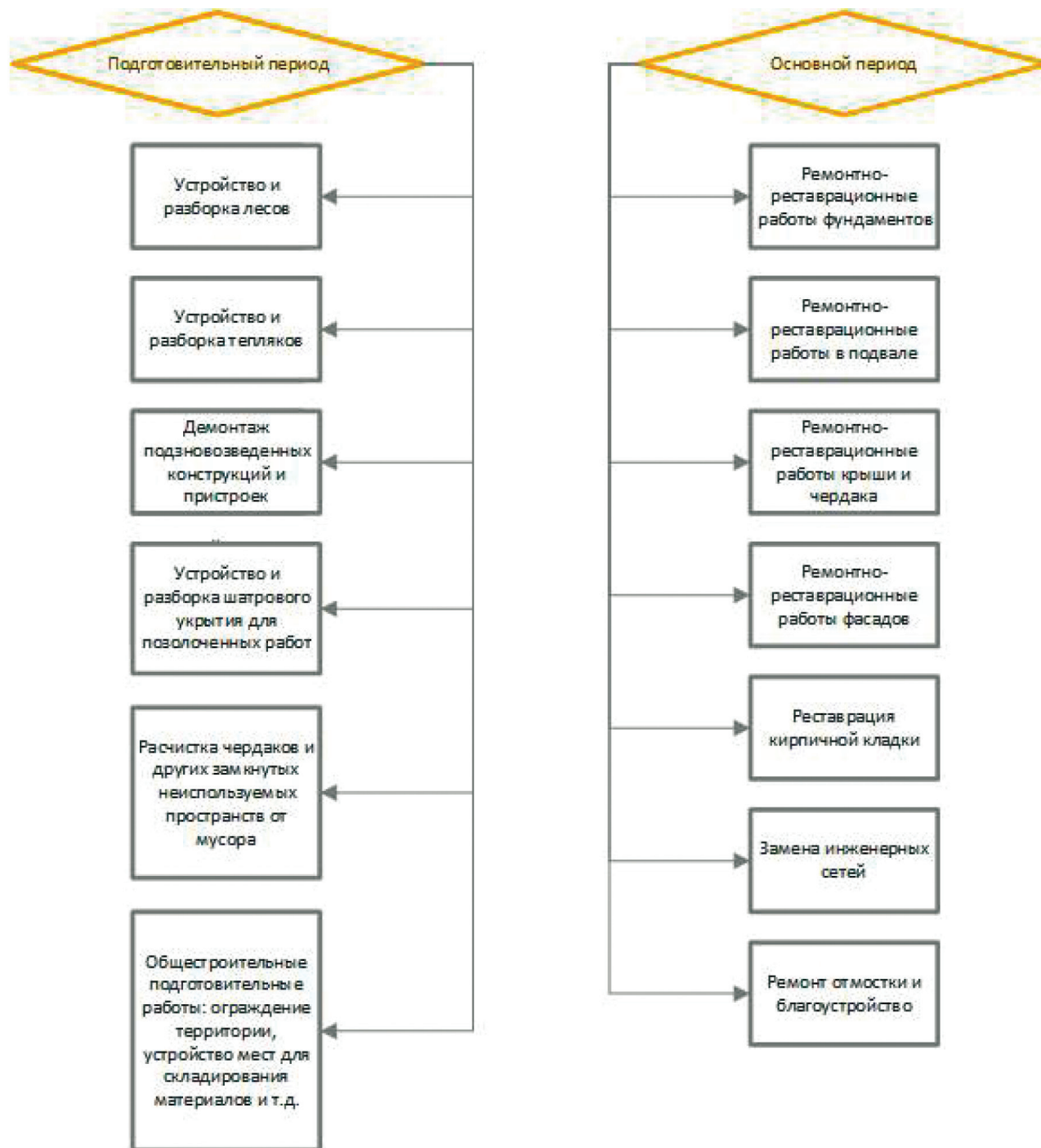


Рис. 1. Состав ремонтно-реставрационных работ подготовительного и основного периодов

В качестве объекта исследования выбран объект культурного наследия – жилой дом в Ленинградской области. Проанализировано задание на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия, выданное региональным комитетом по культуре Ленинградской области [6], результат исследования разработанной технологической последовательности работ представлен на рис. 2. Следует отметить что учтены требования к порядку проведения

подготовительных работ и проведения основных работ по сохранению объектов культурного наследия по ГОСТ Р 59113-2020 [4].

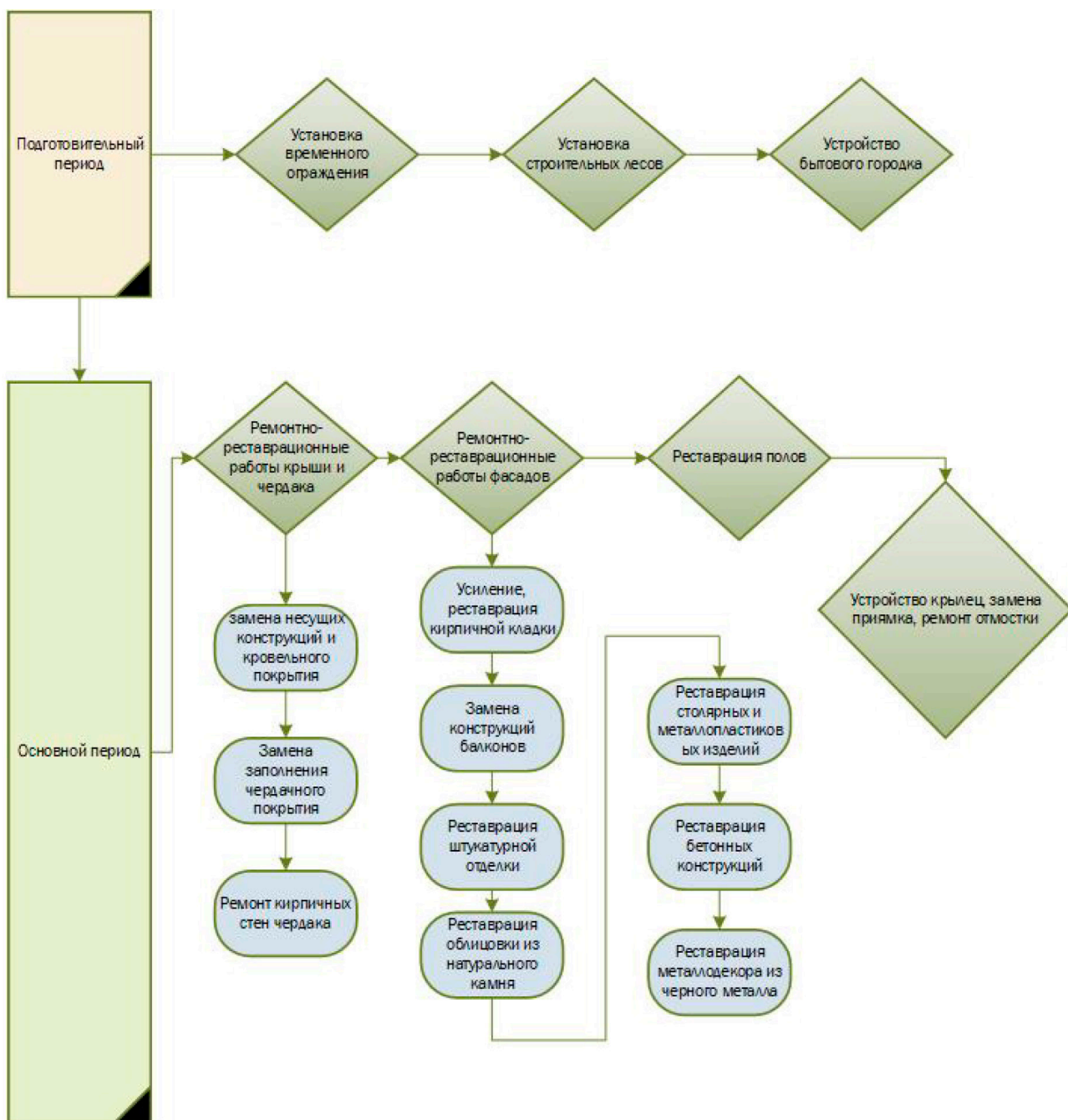


Рис. 2. Технологическая последовательность ремонтно-реставрационных работ на объекте культурного наследия федерального значения «жилой дом» в г. Выборге Ленинградской области

На примере исследуемого объекта культурного наследия на этапе подготовительного периода предусматривается ограждение из профлиста по деревянным стойкам, высота ограждения – 2,2 м. На площадке должен быть оборудован информационный щит с указанием наименования объекта, названия заказчика, исполнителя работ, фамилии, должности и номеров телефонов ответственного производителя работ по объекту, сроков начала и окончания работ, схемы мест производства работ. Наименование и номер телефона исполнителя работ наносятся также на бытовые помещения снаружи здания. Размещение бытового городка не должно преграждать входы в арки и в здание. Необходимые материалы и инструменты хранятся

в инвентарном временном складском здании. Снабжение водой и электроэнергией на период ремонтно-реставрационных работ предусматривается от существующих сетей здания. Водоотведение производится в существующие сети здания. Временное электроснабжение на период реставрационных работ осуществляется от существующего распределительного щита, существующих розеток. Временное электроснабжение прокладывается к потребителям от существующего распределительного щита. Временное водоотведение от душевых производится в колодцы существующей хозяйственно-бытовой канализации. Пожаротушение производится средствами ближайшего пожарного депо. Для нужд пожаротушения использовать пожарные гидранты на существующей сети водопровода. Устанавливается контейнер для строительных отходов. Изделия в реставрацию (при необходимости), строительный мусор вывозятся автотранспортом. Подъезд автотранспорта для доставки материалов и вывоза мусора производится по существующим дорогам. Вывоз мусора с объекта до мусорного контейнера выполнять на тележках. В связи со стесненными условиями производства работ мойка колес автотранспорта не предусматривается.

Работы по монтажу/демонтажу лесов являются работами повышенной опасности, поэтому несмотря на принятую классификацию отнесения данных работ к подготовительному периоду, на исследуемом объекте для расчета общей продолжительности основного периода условно отнесены к основному периоду. Для их выполнения необходимо провести целевой инструктаж и выдать наряд-допуск. Леса поставляются заводом-изготовителем – комплектно. Работники, участвующие в сборке и разборке лесов, должны пройти соответствующее обучение безопасным методам и приемам работ и должны быть проинструктированы о способах и последовательности производства работ и мерах безопасности. Работы по монтажу и демонтажу строительных лесов производятся под непосредственным руководством производителя и исполнителя работ с соблюдением последовательности, порядка, указанного в инструкции по монтажу и эксплуатации, паспорте.

В основной период ремонтно-реставрационных работ согласно заданию на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия, включенного в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ, выданного комитетом по культуре Ленинградской области, предусмотрены:

- ремонтно-реставрационные работы крыши и чердака;
- ремонтно-реставрационные работы фасадов;
- реставрация полов;
- устройство крылец, замена приямка, ремонт отмостки.

1. В составе ремонтно-реставрационных работ крыши предусматривается:

- замена несущих конструкций и кровельного покрытия;
- замена заполнения чердачного перекрытия;
- ремонт кирпичных стен чердака.

Рассчитано, что ремонтно-реставрационные работы крыши следует выполнять по захваткам с устройством временного покрытия (для ограждения чердачного перекрытия от атмосферных осадков). Каркас временного покрытия выполняется из досок 50×100 мм. Все крепления предусматриваются конструктивными: при помощи монтажных уголков L50×2 и саморезов. Шаг стоек для устройства временного покрытия принять не более 1,8 м, шаг стропильных рам – не более 1 м. Все стойки в пределах поперечной рамы должны быть перевязаны горизонтальными прогонами по высоте с шагом не более 2 м.

Замену несущих конструкций и кровельного покрытия начинают с разборки покрытия кровли из кровельного железа. Следует производить с трапов, переставляемых по ходу работ в следующей последовательности:

- разобрать покрытие около выступающих частей;
- снять стойки, гильзы и крепления антенн, разобрать вытяжные трубы вентиляционных шахт;
- разобрать рядовое покрытие в направлении от конька к карнизу;
- разобрать обрешетку из досок (разбирают одновременно в двух или трех соседних пролетах стропильных ног в зависимости от длины ее элементов);
- разобрать покрытие карнизного свеса, лотка и желобов водосточных воронок, парапетные решетки.

Монтаж стропильной системы осуществляют с инвентарных подмостей. Материал стропил – хвойные породы III сорта по ГОСТ 8486-86 с размерами по ГОСТ 24454-80, влажностью не более 18 %. Все элементы стропил антисептировать и антипирить. Изготовление и монтаж конструкций следует выполнять в соответствии с СП 64.13330.2017. Все разделки у вентиляционных стояков выполнить с соблюдением противопожарных требований, предъявляемых к разделкам дымовых стояков. В местах соприкосновения проектируемых деревянных конструкций с бетонными и каменными необходимо установить прокладку из листового рубероида. Установка элементов стропильной системы выполняется с разбивкой фронта работ на захватки и состоит из установки следующих элементов:

- мауэрлаты и лежни;
- стойки, прогоны, балки коньковые;
- стропильные ноги, подкосы;
- контробрешетка, обрешетка.

Затем монтируют слуховые окна и кровлю из оцинкованной стали. Монтаж металлической кровли происходит в следующем порядке:

- покрытие карнизных свесов;
- укладку настенных желобов;
- устройство рядового покрытия (покрытие скатов крыши);
- покрытие разжелобков.

Замена заполнения чердачного перекрытия выполняется в следующей последовательности:

- демонтаж заполнения чердачного перекрытия (шлак 100–170 мм);
- устройство нового заполнения чердачного перекрытия (полиэтилен 200 мкм,
- пеностекляный щебень толщиной 250 мм).

При ремонте кирпичных стен чердака предусмотрена перекладка дефектных кирпичных участков. Работы следует выполнять в следующей последовательности:

- выполнить осторожную выемку ложковых рядов и вырубку тычковых гнезд для перевязки с кладкой;
- выполнить штрабление примыкающей части стены;
- промыть места врубки;
- уложить кирпич на место на растворе с подбором кирпича по цвету и качеству с обработкой швов и постановкой штырей. Кладку вести с армированием швов через каждые 3 ряда кладки. Для анкерования новой кладки в створе с каждым армированным рядом кладки в существующей стене выполняют отверстия $\varnothing 8$ мм, глубина отверстия 70–100 мм. В данные отверстия забивают гладкие арматурные стержни $\varnothing 8$ мм длиной 350 мм. Данные арматурные стержни впоследствии должны быть расположены в армированном шве кладки;
- очистить стену от подтеков раствора.

Для участков стен, на которых по результатам обследования зафиксированы следы намокания, необходимо выполнить очистку от биопоражений (при их наличии).

2. Работы по реставрации отделки фасадов здания необходимо проводить с инвентарных строительных лесов только в теплое время года. Рекомендуется на время работ закрыть

строительные леса сверху влагозащитной пленкой и по фронту защитной сеткой или пленкой. До начала реставрации фасадов рекомендуется после установки строительных лесов:

- демонтировать водосточные трубы;
- демонтировать металлические покрытия выступающих элементов фасадов;
- демонтировать нефункциональные металлические элементы, крепеж, провода и другие конструкции;
- предусмотреть защиту оконных и дверных заполнений на время реставрации;
- предусмотреть временный отвод влаги с кровли.

Все отклонения от проекта должны фиксироваться в журнале производства работ. Результаты работы своевременно предъявляются авторскому надзору и техническому надзору.

Работы по усилению и реставрации кладки из кирпича производятся в следующей последовательности:

- предварительная расчистка мест производства работ по ремонту и реставрации кирпичной кладки;
- монтаж стальных элементов на фасадах (шпонки, стальные рамы);
- установка спиральной арматуры в швы кирпичной кладки;
- инъектирование трещин;
- перекладка дефектных участков кладки;
- реставрация поверхностей кладки.

При замене конструкций балконов следует использовать поддерживающие конструкции. Демонтажные работы балконов выполняются в следующей последовательности:

- разборка заполнения из бетона существующих балконов;
- демонтаж металлических балок существующих балконов.

Монтаж новых конструкций балконов выполняется в следующей последовательности:

- устройство штроб глубиной 0,25 м высотой 0,235 м в кирпичных стенах;
- устройство подготовки из цементно-песчаного раствора;
- монтаж металлических балок с приваренными уголками и креплением химическими анкерами;
- заполнение штроб раствором М100 с расширяющими добавками;
- возведение монолитных плит балконов;
- устройство армированной стяжки (с добавкой Пенетрон Адмикс) толщиной 40 мм, устройство отливов из листовой стали, шлифование поверхности стяжки.

Для реставрации штукатурной отделки фасада необходимо провести следующие первоочередные работы по расчистке:

- выполнить полное удаление красочных составов с поверхности сохраняемого штукатурного слоя;
- произвести удаление цементной обмазки и цемент содержащих строительных растворов с поверхности известкового строительного раствора до здоровой штукатурки на основе извести;
- произвести удаление деструктированных и отслаивающихся от кладки и расслаивающихся между слоями штукатурных слоев на основе известкового вяжущего (до плотных слоев известковой штукатурки, или до кирпичной кладки).

Реставрация натурального камня производится на участках, имеющих следующие виды дефектов: обмазки камня инородными материалами; поверхностные загрязнения камня (сажа, окраска, граффити); мелкие сколы камня; трещины в камне; деструкция швов; утраты фрагментов камня; вставки в камне из инородных материалов; утраты облицовки из натурального камня; биопоражения на поверхности натурального камня; высолы на поверхности натурального камня.

Удаление с поверхности натурального камня разрушенных фрагментов и шовного заполнителя производится вручную скапелями, шпателями, жесткими щетками. Определение мест наличия разрушенного материала осуществляется с помощью визуального осмотра и легким простукиванием поверхности. После проведения реставрационных работ по натуральному камню провести укрепление поверхности камня мягких пород камнеукрепителями на основе эфиров кремниевой кислоты с целью улучшения их физико-механических характеристик. Наиболее оптимальная температура конструкции и окружающей среды для производства работ – от +8 до +25 °С. Участок производства работ, должен быть защищен от прямых солнечных лучей, сквозняков, атмосферных осадков.

Под реставрацией столярных и металлопластиковых изделий подразумеваются следующие работы по оконным и дверным заполнениям:

- ремонт металлопластиковых оконных блоков;
- ремонт и реставрация деревянных и металлических оконных и дверных блоков;
- воссоздание деревянных и металлических оконных и дверных блоков по чертежам, демонтаж существующих и монтаж воссозданных элементов.

3. Реставрация бетонных конструкций и полов производится на участках поверхности с удаленным разрушенным отделочным покрытием. Ремонт бетонных полов при значительных повреждениях на плоских и профилированных участках выполнять с помощью известковых, известково-цементных составов заводского производства (прочность на сжатие раствора после затвердевания не менее 30 Мпа, фракция заполнителя не более 2,5 мм) по расчищенному основанию.

Предусматриваются работы по следующим элементам металлодекора:

- линейные окрытия: воссоздание, установка элементов на место (с демонтажем существующих линейных окрытий и разрушенной стяжки подотливной зоны);
- водосточные трубы (воронки, отметы, хомуты, прямолинейные звенья, колена): замена на новые конструкции;
- балконные ограждения, декор (декоративные элементы) – демонтаж, реставрация, установка элементов на место;
- въездные ворота, декор (декоративные элементы) – воссоздание, установка воссозданных элементов).

Для реставрации и ремонта металлических конструкций и поверхностей элементов отделки фасадов: оконных решеток, козырьков, лестниц и ограждений, необходимо выполняется следующий комплекс работ:

- очистка поверхности металла от остатков красок и очистка от продуктов коррозии металла производится с помощью сухой струйно-вихревой абразивной очистки (СВАО). При помощи специального оборудования (Ibix) поток воздуха, несущий в себе абразивный материал, закручивается по спирали и расширяется в виде раструба. В качестве абразива используются гранулы фракции 90–250 мкм округлой или кубической формы (мраморная крошка, кварцевый песок, синтетический гранулят из стекольного расплава силиката алюминия). Доочистка производится смывками заводского изготовления по общепринятой технологии;

- произвести окраску поверхности эмалями на основе эпоксиэфира. Нанести 1-й слой эмали на раму. Сушить в течение 1–3 часов, далее нанести 2-й слой эмали. При выполнении работ по окраске следует соблюдать все технологические рекомендации производителя материала.

При восполнении утрат выполняется рихтовка погнутых и деформированных элементов.

4. При ремонте отмостки из брусчатки работы выполняются в следующей последовательности:

- разборка брусчатки с маркировкой и складированием;
- выемка песка основания толщиной 0,2 м;
- выемка грунта со строительным мусором толщиной 0,15 м;
- укладка геотекстиля;
- отсыпка щебнем мелкой фракции по уклону толщиной 0,1–0,2 м;
- укладка профилированной мембраны Planter;
- укладка песка мелкого с трамбованием до коэффициента 0,98 по уклону толщиной 0,1–0,2 м;
- монтаж брусчатки.

При устройстве отмостки мощением булыжником работы выполняются в следующей последовательности:

- выемка грунта основания толщиной 0,43 м;
- укладка геотекстиля
- отсыпка щебнем мелкой фракции по уклону толщиной 0,1–0,2 м;
- укладка профилированной мембраны Planter;
- укладка песка мелкого с трамбованием до коэффициента 0,98 по уклону толщиной 0,1–0,2 м;
- мощение булыжником.

Продолжительность производства работ на объекте исследования принимается директивно и составляет 10 мес. (в т. ч. 1 мес. – подготовительный период). Работы производятся в 2 смены. Продолжительность смены (без учета перерыва на обед) – 8 часов. Для соблюдения директивных сроков производства работ предусматривается выполнение следующих мероприятий;

- предварительное ознакомление работающих с графиком производства работ;
- совмещение работ во времени;
- использование требуемого количества механизмов и инструмента для производства работ;
- своевременное приготовление растворов и составов.

Последовательность и совмещение работ показаны на рис. 3.

	Наименование видов работ	Продолж. пр-ва работ	Месяцы											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Подготовительный период	1 мес	■											
	Основной период	9 мес		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1	Установка строительных лесов, пешеходных галерей	0,5 мес		■										
2	Ремонтно-реставрационные работы крыши и чердака, в т.ч. устройство временного покрытия	6 мес			■	■	■	■	■	■	■			
3	Ремонтно-реставрационные работы фасадов	6 мес				■	■	■	■	■	■			
4	Ремонтно-реставрационные работы в подъездах	4 мес					■	■	■	■				
4	Демонтаж строительных лесов, пешеходных галерей	0,5 мес											■	
5	Устройство крылец, замена приямка, ремонт отмостки, восстановление нарушенного благоустройства	1 мес												■
6	Прочие неучтенные работы	10 мес	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Рис. 3. Календарный график работ

Технологическая последовательность ремонтно-реставрационных работ на примере объекта культурного наследия в г. Выборг Ленинградской области сведена в упрощенный

календарный график (рис. 3), на котором учтен параллельно-поточный метод организации работ основного периода с целью сокращения сроков производства ремонтно-реставрационных работ.

В результате проведенного исследования технологической последовательности ремонтно-реставрационных работ на примере сохранения объекта культурного наследия, находящегося на территории Ленинградской области были определены состав и виды подготовительных и основных ремонтно-реставрационных работ, по итогам рассмотрения очередности выявленных работ были определен оптимальный метод производства работ – параллельно-поточный, обеспечивающий уменьшение общей продолжительности потока с минимальными простоями ресурсов.

Литература

1. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. От 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. В силу с 03.02.2023).

2. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», с учетом изменений от 27.05.2022 № 963.

3. Национальный стандарт РФ «Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования» ГОСТ Р 55528-2013, утвержденный и введенный в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.08.2013 № 593-ст.

4. Национальный стандарт РФ «Сохранение объектов культурного наследия. Производство работ. Подготовительные работы и инженерная подготовка территории объекта. Общие положения» ГОСТ Р 59113-2020, утвержденный и введенный в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.10.2020 № 872-ст.

5. Свод правил. Организация строительства. СНиП 12-01-2004. СП 48.13330.2019, утвержденный и введенный в действие Приказом Минстроя РФ от 24.12.2019 № 861/пр.

6. Задание на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия, включенного в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ, или выявленного объекта культурного наследия от 01.09.2020 № 06-06/20-16, утвержденное Заместителем председателя комитета – начальником департамента государственной охраны, сохранения и использования объектов культурного наследия комитета по культуре Ленинградской области.

УДК 65.012.26.69

Федор Феликсович Марков,
магистрант
Василя Касимовна Нефедова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: markovff@gmail.com,
vkn7@mail.ru

Fedor Felixovich Markov,
Master's degree student
Vasilya Kasimovna Nefedova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: markovff@gmail.com,
vkn7@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ КОТТЕДЖНЫХ ПОСЕЛКОВ: МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕРРИТОРИЙ УСАДЕБНОЙ ЗАСТРОЙКИ

INTEGRATED DEVELOPMENT OF TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF COTTAGE VILLAGES: MEASURES FOR THE RECONSTRUCTION OF ESTATE DEVELOPMENT TERRITORIES

Рассмотрены проблемные вопросы реконструкции территорий малоэтажной усадебной жилой застройки в пределах самых крупных городов и пути их решения. Приведен перечень мероприятий по реконструкции и предоставлены рекомендации по повышению уровня комфортности обитания населения этих территорий. Особое внимание уделено комплексному освоению территорий на примере коттеджных поселков, в частности относительно создания оптимальных условий для проектирования загородных усадеб, в которых люди будут чувствовать себя максимально защищенными. Это касается экологического районирования и созидательных аспектов, в рамках которых современному планированию отводится значимая роль.

Ключевые слова: усадебная застройка, реконструкция, функционально-планировочная структура районов усадебной застройки, современное градостроительство, благоустройство, коттеджный поселок.

The problematic issues of reconstruction of the territories of low-rise manor residential development within the largest cities and ways to solve them are considered. A list of reconstruction measures is given and recommendations are provided to improve the living comfort level of the population of these territories. Particular attention is paid to the integrated development of territories on the example of cottage settlements, in particular regarding the creation of optimal conditions for the design of country estates in which people will feel as protected as possible. This applies to ecological zoning and creative aspects, within which modern planning is given a significant role.

Keywords: estate development, reconstruction, functional planning structure of estate development areas, modern urban planning, landscaping, cottage settlement.

Составной частью территорий коттеджных поселков являются районы усадебной застройки, сформированные индивидуальными или сблокированными малоэтажными жилыми домами [4]. Историческое формирование этих территорий как составной части застройки происходило преимущественно путем включения в городские границы территорий соседних селений и дачных массивов. Такой вид функционального использования жилых территорий был характерен также для периферийных районов городов с низкой плотностью застройки. В советский период в соответствии с градостроительной документацией, в частности, генеральными планами городов, разрабатывавшихся после Второй мировой войны, развитие районов усадебной застройки не предполагалось. Их застройка, что значительно пострадала во время войны и в то время преимущественно не была оборудована удобствами и соответствующей инфраструктурой, считалась устаревшей и малоценной. Перспективы территориального развития советских городов предусматривали упорядочение рабочих окраин со сносом усадебной малоэтажной застройки и строительством на ее месте жилых массивов с многоквартирной жилой застройкой и объектами общественного обслуживания, транспортной и инженерной инфраструктуры.

Впрочем, отдельные участки бывших поселков не были перепланированы и остались в структуре современных городов до настоящего времени. После обретения страной независимости и перехода к рыночной экономике такой вид застройки начал снова приобретать популярность. Этому способствовал и процесс предоставления земельных участков в районах строительства и территориального планирования в рамках комплексного освоения территорий коттеджных поселков.

Коттеджная усадьба стала востребованным типом высококомфортного жилья, что создало предпосылки для интенсивной реконструкции существующих районов и появления большого количества новых территорий так называемых коттеджных городков с индивидуальными и сблокированными малоэтажными жилыми домами как в городах, так и в пригородной зоне самых крупных городов. Наличие таких территорий в городской черте имеет несколько положительных аспектов, таких как уменьшение плотности населения территорий и уменьшение нагрузки на городскую инфраструктуру благодаря низкоплотной малоэтажной застройке, а также высокий уровень озеленения таких районов за счет насаждений на приусадебных участках. В любом случае такие территории являются своеобразным резервом для развития населенного пункта на отдаленную перспективу без выхода за существующие пределы. Следует отметить, что объемы усадебного жилищного фонда в самых крупных городах являются достаточно существенными, и в городе Москва в усадебном жилищном фонде на сегодняшний день по данным городского управления статистики [1] проживает вблизи 3,5 % населения. С точки зрения территориального ресурса, районы усадебной застройки столицы занимают треть площадей территорий жилой застройки – около 5 400 га (4,5 % территории города) [1]. Это огромный массив достаточно неупорядоченных территорий, одновременно имеющих значительный потенциал для развития. Плотность населения существующей жилой застройки, например, в Москве, по расчетам, выполняемым при разработке детальных планов территории [1], исходя из показателей численности населения и территории застройки, ниже нормативной согласно требованиям [4] и составляет 10–20 чел./га.

В настоящее время плотность населения жилого района усадебной застройки полным комплексом учреждений и предприятий местного значения следует принимать в пределах 26–27 человек/га, что свидетельствует о возможности реконструкции указанных территорий с доуплотнением. Основными проблемами районов усадебной застройки являются:

- 1) недостаточный уровень развитости и несоответствие современным потребностям населения сети объектов общественного обслуживания;
- 2) ухудшение экологического и санитарного состояния территорий [2];
- 3) неудовлетворительное состояние уличной сети;
- 4) недостаточная развитость системы общественного транспорта;
- 5) недостаточное обеспечение или отсутствие инженерной инфраструктуры;
- 6) несоблюдение требований пожарной безопасности.

Регулировка усадебной застройки в городах осуществляется в соответствии с требованиями. Основной задачей, которая стоит перед планировщиками при проведении реконструкции районов усадебной застройки являются необходимость улучшения условий жизнедеятельности и комфортности проживания популяции. При этом на территориях усадебной застройки площадью до 10 га согласно нормативов можно формировать группу жилых домов с приусадебными участками без территорий общественного пользования, площадью от 10 до 50 га жилые кварталы с неполным комплексом общественного обслуживания, более 50 га – жилой район с полным комплексом общественного обслуживания местного значения [4].

Одной из важных задач при реконструкции является расширение и приведение к нормативным параметрам сети заведений общественного обслуживания. Наиболее уязвимым элементом структуры обслуживания населения являются заведения среднего и детского дошкольного образования. Следует отметить, что в большинстве случаев заведения народного образования расположены за пределами существующих усадебных районов застройки, и жители вынуждены пользоваться объектами, которые находятся на соседней территории в близлежащих районах многоквартирной застройки. В случаях, когда учебные заведения находятся на территории усадебной застройки, они могут оказаться перегруженными, и их мощности не хватит для удовлетворения потребностей районов, интенсивно реконструируемых.

Ситуация усугубляется отсутствием достаточного количества свободных территорий нормативной площади и компактной формы для размещения перспективных учебных заведений. Отдельные кварталы существующей жилой усадебной малоэтажной застройки находятся вне радиуса обслуживания действующих детских дошкольных и общеобразовательных учреждений. Менее остро стоит проблема доступности к заведениям общего среднего образования, которое согласно нормативам [4] составляет 800–2000 м. Более неблагоприятной является ситуация с доступностью к детским дошкольным заведениям, для которых максимально допустимый радиус обслуживания составляет 500 м [4].

Одним из вариантов решения этой проблемы может быть размещение объектов обслуживания в жилых домах на усадебных участках при наличии соответствующего спроса, поскольку нормами [4] допускается устройство пристроенных детских дошкольных учреждений при обязательном соблюдении государственных строительных, санитарных, противопожарных норм и правил и наличия свободной территории для обеспечения размеров земельных участков под объекты в соответствии с нормативными требованиями. Емкость детских дошкольных учреждений и общеобразовательных школ должна быть определена, исходя из расчета перспективной демографической структуры населения дошкольного и школьного возраста.

Для решения проблемы обеспечения населения учебными заведениями предлагается принимать такие меры, как:

- увеличение мощности существующих учебных заведений при условии наличия соответствующего территориального резерва участка;
- новое строительство объектов образования на свободных от застройки участках или на участках бывших огородов в тылах существующих усадеб;
- устройство детских садов малой мощности (до 30 мест, 1–2 малокомплектные группы) на существующих усадебных участках с целью разрешения проблемы соблюдения нормативных радиусов доступности для детских дошкольных заведений.

В пределах территорий усадебной застройки часто складывается недостаточно разветвленная сеть предприятий и учреждений общественного обслуживания, которая частично удовлетворяет повседневные и периодические потребности населения в охране здоровья, а также в продовольственных и непродовольственных товарах, но не отвечает в полной мере современным потребностям населения. В районах усадебной застройки размещение объектов социальной сферы может быть организовано на территориях общего пользования в составе общественных центров или в виде дискретно расположенных в существующей застройке отдельных сооружений.

В пределах зоны заведений обслуживания населения должны располагаться заведения повседневного и периодического обслуживания, такие как аптеки, магазины, заведения общепита, заведения бытового обслуживания, почтовые и банковские отделения, заведения медицинского обслуживания, центры досуга, культурно-просветительские учреждения,

библиотеки, физкультурно-оздоровительные учреждения и т.д. Хотя в большинстве случаев на территории существующей усадебной застройки уровень озеленения достаточно высок за счет насаждений в пределах усадебных участков, такие районы испытывают нехватку озелененных территорий общего пользования микрорайонного значения, поскольку на их территории отсутствуют скверы, парки, детские, развлекательные и спортивные площадки.

Согласно действующим нормативам СП 30-102-99 [4], озеленение жилых районов должно составлять не менее 25 %, или 6 м²/чел. Кроме того, необходимо предусмотреть общегородские озелененные территории в пределах пешеходной доступности, согласно СП 30-102-99 их количество должно составлять не менее 11 м²/чел. С этой целью могут быть использованы зеленые насаждения общего пользования в пределах прилегающих территорий парковых и лесопарковых зон, лугов, природных урочищ и прибрежных зон, а также свободных от застройки неэффективно используемых озелененных участков в пределах усадебной застройки с проведением соответствующего благоустройства их территории.

При группах усадебных домов нужно предусматривать размещение площадок общего пользования микрорайонного уровня. Допускается уменьшать не более чем на 30 %:

- площадки для игр детей дошкольного и младшего школьного возраста;
- площадки для занятий физкультурой;
- площадки для мусоросборников общего пользования.

Главными недостатками в структуре уличной и транспортной сети районов усадебной застройки являются:

- неупорядоченность планировочной структуры;
- недостаточная развитость улично-дорожной сети, отсутствие твердого покрытия улиц;
- несоответствие габаритов уличной сети территории усадебной застройки нормативам;
- недостаточная развитость системы общественного транспорта, в том числе низкая плотность сети линий и перегрузка маршрутов наземного общественного транспорта;
- движение общественного транспорта происходит по улицам с узкой проезжей частью (менее 9 м);
- нет надлежащего обеспечения местами временного хранения автотранспорта.

В рамках решений по упорядочению планировочной структуры территорий существующей коттеджной застройки целесообразно развивать сеть улиц районного и местного значения, а также формировать магистральную сеть, по которой предполагается движение общественного транспорта. Такие меры обеспечат возможность установления дальности пешеходных подходов к ближайшим остановкам общественного транспорта не более 800 м. Обычно в существующей усадебной застройке исторически сложившаяся сеть улиц имеет достаточно сложную, запутанную конфигурацию со сложными сечениями, узкими проездами, тупиками и отсутствием разворотных площадок. Все это ставит под сомнение возможность предоставления улицам нормативных параметров и заставляет при реконструкции в условиях существующей застройки давать улицам минимально возможную ширину при установке красных линий (15–25 м для магистральных улиц) и максимально сужать элементы их поперечного профиля (ширина проездовой части до 10,5–12 м для магистральных и 6–7 м для жилых улиц) [5].

Для обеспечения доступа ко всем усадебным участкам с точки зрения учета требований пожарной безопасности в соответствии с [4, 3] также необходимо прокладывать новые внутриквартальные транспортные связи с устройством разъездных площадок и разворотных площадок размером 12×12 м на тупиковых проездах, которые в случаях пожарной опасности должны быть путями эвакуации и территориального планирования для подъезда пожарных машин. Бесспорным по поводу своей необходимости мероприятием является

устройство 100 % жесткого покрытия улиц. Хранение автомобилей жителей усадебной застройки предусмотрено на приусадебных участках, впрочем, при реконструкции также необходимо устраивать гостевые автостоянки на свободных от застройки участках согласно нормативам [4]. Хранение автомобилей работников и посетителей общественных комплексов следует обеспечивать на территории указанных комплексов.

К мерам при реконструкции в части соблюдения требований по пожарной безопасности относятся:

- организация доступа пожарных машин и создание путей эвакуации населения, в том числе за счет пешеходных озелененных связей;
- соблюдение нормативных пожарных расстояний между домами и сооружениями;
- размещение на свободных участках пожарных депо или постов пожарной охраны в пределах нормативных радиусов транспортной доступности согласно расчета [3];
- устройство специально оборудованных мест для забора воды пожарными машинами из открытых водоемов или резервуаров.

Экологические проблемы районов усадебной застройки в основном связаны с особенностями их исторического развития. Значительная часть территорий бывших поселков, которая в свое время не была реконструирована с изменением функции, находится рядом с промышленными и коммунальными зонами и попадает в границы санитарно-защитных зон соседних предприятий, складов, кладбищ, свалок, автодорог, инженерных и транспортных объектов, железных дорог, линий электропередач и т. д.

Для соблюдения экологических требований на таких территориях целесообразно проводить мероприятия по осуществлению реконструкции за счет новых технологических решений соседних вредных с экологической точки зрения объектов для уменьшения их класса вредности и возможности сокращения санитарно-защитных зон, переводом воздушных линий электропередач в кабельное прокладывание, или даже вынесением экологически опасных объектов за пределы города. В качестве мероприятий первого этапа реконструкции можно вводить технические мероприятия по очистке воздуха, дополнительное остекление окон существующих жилых домов, создание защитных полос зеленых насаждений вокруг экологически опасных объектов застройки, устройство шумозащитных экранов и т. д. Территории, что остаются в пределах санитарно-защитных зон могут быть использованы для размещения заведений обслуживания, которые могут располагаться в пределах санитарно-защитных зон, гостевых автостоянок, объектов инженерной инфраструктуры.

В части обеспечения инженерной инфраструктурой районы усадебной застройки значительно отстают от других городских территорий. Большинство территорий усадебной застройки не обеспечены централизованными сетями водопровода и канализации, отсутствует организованный отвод дождевых и талых вод. Водоснабжение усадебной застройки осуществляется от локальных артезианских скважин, колодцев, а канализация обеспечивается при использовании водонепроницаемого септика, требующего периодической очистки.

Все это снижает уровень комфортности и экологической безопасности окружающей среды. С целью создания комфортной среды для жизнедеятельности и обеспечения охраны природной среды в пределах усадебных территорий застройки необходимо выполнение ряда инженерных мероприятий:

- выполнение инженерной подготовки и вертикального планирования территории с максимальным сохранением природного рельефа;
- усовершенствование инженерной инфраструктуры с устройством систем дренажей, дождевой канализации с очистными сооружениями, насосных станций, трансформаторных подстанций, других инженерных объектов;

- полное обеспечение территории централизованной системой водоснабжения и канализации, а при отсутствии сетей городской канализации усадеб с устройством местных очистных сооружений;
- перевод существующих воздушных линий электроснабжения в кабельную подземную прокладку;
- благоустройство и озеленение территорий, очистка водоемов, проведение противоэрозионных и противооползневых мероприятий; защита от подтопления;
- организация централизованной санитарной очистки территории с введением системы раздельного сбора бытовых отходов.

Литература

1. Генеральный план города Москвы до 2035 года. Институт Генплана Москвы. [Электронный ресурс].
2. ДСП 173-96 Государственные санитарные правила планирования и застройки населенных пунктов. С изменениями. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=46705 (дата обращения: 25.01.2023).
3. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/11/11702/index.htm> (дата обращения: 25.01.2023).
4. СП 30-102-99. Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу ГОССТРОЙ России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/6/6930/index.htm> (дата обращения: 25.01.2023).
5. СП 396.1325800.2018 Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/552304870> (дата обращения: 25.01.2023).

УДК 69.051

Роза Ришатовна Нургалина,
старший преподаватель
Аджелу Родриг Дано,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: damyr1996@gmail.com

Rosa Rishatovna Nurgalina,
senior lecturer
Adjelou Rodrigue Danho,
Master's degree student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: damyr1996@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В Г. АБИДЖАНЕ

FEATURES OF MULTISTORY RESIDENTIAL CONSTRUCTION IN ABIDJAN

В статье проведен анализ развития высотного строительства городов на африканском континенте. В качестве примера рассматривается один из крупнейших городов Африки, расположенный в республике Кот-д'Ивуар, а именно – город Абиджан с населением до 6,3 млн. человек. Представлены карты микрорайонов с описанием типа застройки.

Ключевые слова: строительство, организация строительства, строительство многоэтажных жилых домов, строительные конструкции, технология строительства, организационно-технологические решения.

The article analyzes the development of high-rise construction of cities on the African continent. As an example, one of the largest cities in Africa, located in the Republic of Côte d'Ivoire, is considered, namely, the city of Abidjan with a population of up to 6,3 million people. Maps of microdistricts with a description of the type of development are presented.

Keywords: construction, organization of construction, construction of multi-storey residential buildings, building structures, construction technology, organizational and technological solutions.

Введение. Кот-д'Ивуар — государство, расположенной в Западной части Африки, которое граничит с рядом стран, а на юге омывается Гвинейским заливом Атлантического океана. Длина береговой линии составляет 515 км. На севере республика граничит с Мали и Буркина-Фасо, на востоке с Ганой, а на западе с Либерией и Гвинеей (рис. 1). Его экономической столицей по праву является крупнейший портовый город Абиджан, расположенный на юге страны. В городе имеется развитая сеть дорог и большое количество промышленных предприятий.

Численность населения, проживающего на территории республики Кот-д'Ивуар, составляет примерно 29,4 млн человек (согласно окончательным общим результатам Всеобщей переписи населения и жилого фонда (RGPН 2021)). Население страны многонациональное. В городе проживает 21 % городского населения страны, что составляет 6,3 млн жителей.

Не секрет, что градостроительство – это процесс, непосредственно связанный и зависящий от развития промышленности, инфраструктуры, благоустройства территорий и технологических достижений во многих областях. Данный процесс, как правило, наиболее интенсивно развивается в крупных городах и постепенно охватывает все более мелкие агломерации.

Не исключение и город Абиджан. Являясь крупной агломерацией и не менее крупным транспортным узлом, город испытывает постоянный недостаток в жилом фонде. Поэтому обеспечение населения жильем является серьезной насущной проблемой для градостроительного комплекса страны.

Для решения данной проблемы сначала необходимо произвести анализ имеющейся застройки в пределах городской черты. Чтобы в последующем использовать данную информацию для лучшей организации и развития города.



Base 802224AI (C00674) 6-04

Рис. 1. Месторасположение Кот-д'Ивуара

Анализ жилого домостроения

Современные районы, такие как Кокоди, получили развитие в европейском стиле за счет строительства больших офисных башен и современных многоквартирных домов. Здесь

находится, в основном, малоэтажные частные жилые комплексы, предназначенные для жителей со средним, высоким и очень высоким доходом, а также резиденций посольств.

Также здесь расположено множество одноэтажных деревянных вилл, возведенных среди обширных садов с пышной растительностью, поддерживаемой обильными дождями. С архитектурной точки зрения часть данных построек возведено в стиле европейских, американский или греческих храмов и рассчитано на людей с высоким достатком (рис. 2, 3).

С точки зрения градостроительства район представляет собой обширное пригородное пространство без четко выраженных центров административного обслуживания.



Рис. 2. Вид виллы, расположенной в районе Кокоди



Рис. 3. Строящийся многоквартирный дом, расположенный в районе Кокоди

Традиционные районы, такие как: Трейчвиль, Кумаси, Абобо и Йюпугон, сохранили систему так называемых «концессий», где дома имеют систему коллективных «дворов», вокруг которых строятся несколько жилищ (рис. 4). Возведенные таким образом здания предназначены для людей с низким достатком, выполняющих низкооплачиваемую работу (рис. 5).



Рис. 4. Система коллективных «дворов», расположенных в районе Абобо



Рис. 5. Система коллективных «дворов», расположенных в районе Аньяма

К числу факторов, формирующих строительство жилья в Абиджане, относятся также историко-культурные факторы, которые до сих пор выражаются в стремлении каждого горожанина жить в отдельно стоящем индивидуальном доме европейского и американского типа.

Однако структура «концессий», где жилища имеют систему коллективных «дворов», еще называют африканским стилем. И этот стиль в большей степени характерен для деревень. Это материальное воплощение африканского образа жизни, в котором доминирует большая семья. Здесь все гармонично сгруппированы вокруг двора. А использование природных строительных материалов позволяет эстетически адаптироваться к окружающему ландшафту.

Учитываются технические возможности современного малоэтажного строительства, большинство современных городов в республике Кот-д'Ивуар похожи на Абиджан и, в основном, застроены одно – двухэтажными зданиями. Такой тип застройки определяет однообразие приобретаемых участков под строительство, а архитектурно-планировочное решение направлено на получение большого количества помещений, без учета эстетической выразительности дома.

Одним из основных недостатков такой застройки является нерациональное использование городских площадей. А проектные решения напрямую связаны с юридическими вопросами землепользования и финансированием.

По этим причинам многоэтажное строительство в городе Абиджан развито не значительно. Отсутствие юридической базы, финансирования, опыта строительства, грамотных проектных решений и инфраструктуры по производству современных строительных материалов в достаточном количестве приводит к тому, что многоэтажное жилое строительство практически не развито.

Для решения данной проблемы, в первую очередь необходимо:

- перейти к четкому планированию застройки территории на период 5 – 10 лет;
- повысить уровень организации строительства в рамках микрорайонов или районов в городской черте;
- со стороны органов власти повысить финансирование многоэтажного строительства, подкрепив его юридической базой;
- повысить уровень инженерных решений и строительство современных специализированных предприятий по производству строительных материалов в достаточном количестве.

При этом одним из важных критериев для строительства многоэтажного сектора являются климатические условия, в которых здания будут эксплуатироваться.

Климатические условия в районе строительства

Агломерация Абиджана расположена на юге Кот-д'Ивуара, на побережье Гвинейского залива, что способствует более приятному климату города по сравнению с городами центра и севера страны.

В городе теплый и влажный климат с большим сезоном дождей (май-июнь-июль) и небольшим сезоном дождей (сентябрь-ноябрь).

В среднем выпадает более 1500 мм воды в год. В дождливый сезон может идти непрерывный дождь в течение нескольких дней подряд или ливневый дождь в течение часа, за которым следует очень сильная жаркая погода.

Средняя годовая температура составляет около 27 °С (рис. 7), а среднегодовая влажность превышает 80 %.

Наиболее распространенные типы грунтов на данной территории – супеси [2]. Супеси имеют различные свойства и по разному реагируют на насыщенность грунтов влагой. Таким образом, здания, построенные на пылеватых, рыхлых грунтах или песках могут особенно пострадать от сезонных дождей или экстремальных явлений, наводнений.

Абиджан, станция Абобо

Месяц	Янв.	Февраль	маршировать	апреля	май	июнь	Июл.	август	Сен.	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	год
Средняя минимальная температура (° C)	24	25	25	25	25	24	23	22	22	24	25	24	24
Средняя температура (° C)	26,7	27,6	27,8	27,8	27,2	26 год	25	24,4	25	26,2	27,1	26,6	26,5
Средняя максимальная температура (° C)	30	30	30	30	30	28 год	26 год	26 год	27	28 год	30	30	28 год
Рекорд холода (° C)	17	16	17	20	17	16	16	16	20	20	17	17	16
Запись тепла (° C)	40	40	41 год	37	37	38	33	32	35 год	32	38	38	41 год
Осадки (мм)	15,7	57,1	120,5	145,3	232,6	374,1	136,9	50,2	110,5	149,1	108,7	44 год	1 544,7
Количество дней с осадками	2.1	4.3	8.9	10,8	16,6	21,1	13	10.9	11,8	13,6	12.2	6.3	131,6
Относительная влажность (%)	78,5	79	80,8	81,3	82,6	85,2	85,9	86,6	86,2	83,8	81,7	80,5	82,7

Рис. 6. Сводка погоды в Абиджане

Как видно из обзора, город Абиджан расположен у побережья, в зоне с высокой влажностью и температурой. Кроме этого, города, расположенные у побережья подвержены значительному воздействию ветра.

Территориальное деление

Абиджан является важным звеном в экономике не только страны, но и африканского континента из-за его ключевого положения. Агломерация Абиджана расположена на юге Берега Кот Д'Ивуара и разделяется на две зоны (север и юг).

С 2001 года Абиджан называют «автономным округом» площадью 2119 км², который объединяет муниципалитеты: бывшего города Абиджан (422 км²) и четырех периферийных префектур, которые когда-то были сельскими, но на данный момент поглощены в результате разрастания города.

Северный Абиджан

Это исконная часть города, расположенная на севере. Северный Абиджан состоит из пяти префектур: Абобо, Аджаме, Йопугон, Аттекубе и Кокоди.

Абобо – это второй по численности населения муниципалитет. Коммуна, состоящая в основном из населенных пунктов, долгое время служила убежищем для мигрантов с ограниченными финансовыми возможностями. Этот муниципалитет возник спонтанно вокруг вокзала. Плотность населения в Абобо не высокая [1]. Это связано со строительством малоэтажного жилья и большими массивами незастроенных земель, планируемых под городскую застройку. Эта префектура, включающие в себя участки земли, сдаваемые в аренду, и значительные площади ненадежного жилья, скорее всего, находятся на периферии. Общим условием для малообеспеченных районов Абиджана, как старых, так и новых, является низкое качество городской среды. Центр префектуры Абобо переполнен, пробки и уличная парковка повсеместны [1]. Здесь проживают малообеспеченные люди.

Аджаме – не большой по площади, но плотно населенный муниципалитет. Играет важную роль в экономике страны за счет высокой плотности коммерческой недвижимости (рынки, магазины, центральный автовокзал, разветвленная сеть дорог, связывающая всю страну). К сожалению, Аджаме испытывает серьезные проблемы с антисанитарией. Жилая недвижимость почти не представлена.

Йопугон – это самый большой и густонаселенный муниципалитет Абиджана. Здесь расположены промышленные и жилые районы. Здесь расположены исследовательская станция ORSTOM, электростанция Azito, Институт Пастера, а также ЦУ. В этом муниципалитете расположен порт Абиджана.

Плато: это деловой центр, большие здания которого придают Абиджану очень современный вид [1]. Хотя административная столица Кот-д'Ивуара была официально перенесена

в Ямусукро в 1983 году, институты республики, такие как президентство и Национальное собрание, все еще находятся на плато (рис. 7 и 8). Фактически он является административным, торговым и финансовым центром города. Это единственная часть города, в которой возведены высотные здания.

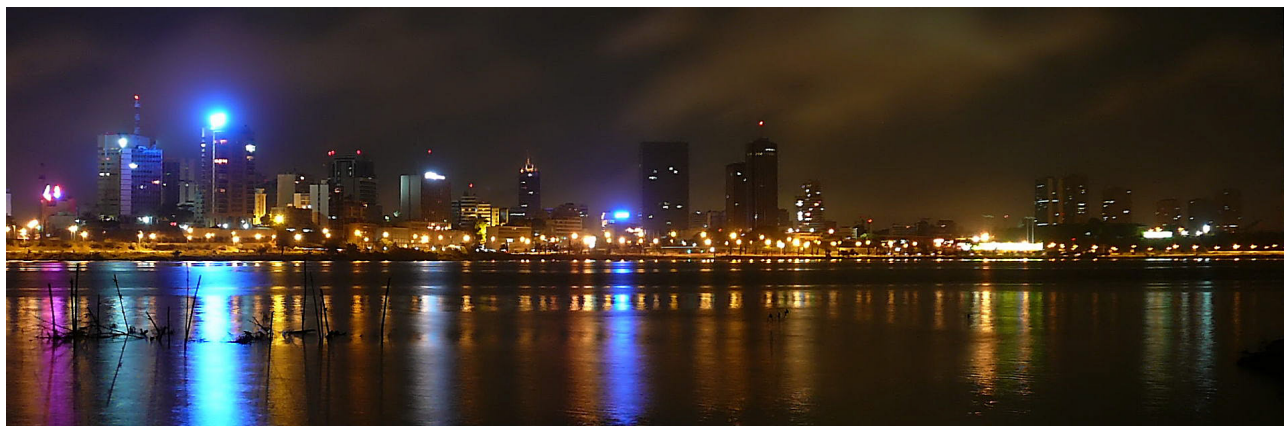


Рис. 7. Вид на префектуру Плато ночью



Рис. 8. Вид на префектуру Плато

Аттекубе – расположенный по обе стороны залива Лагуны. Именно на территории этого муниципалитета находится национальный парк лес Банко [1].

Кокоди – известный своими жилыми районами (рис. 9). На территории данного муниципалитета также расположен университет Феликса Уфуэ-Буаньи, и несколько частных университетов, высшие школы и штаб-квартиры многих компаний. Именно здесь размещается дом телевидения (RTI) и зоопарк Абиджана [1]. Президент Республики проживает в этом районе. Кокоди также является муниципалитетом, где расположено подавляющее большинство посольств, а также несколько культурных центров (Институт Гете) и престижные отели.



Рис. 9. Набор из 16 двухуровневых вилл и квартир высокого уровня в районе Кокоди

Южный Абиджан

Это материковая часть Абиджана, расположенная на юге. Южный Абиджан состоит из пяти префектур: Кумасси, Маркори, Бьетри и Зона 4, Порт-Буэ, а также Трейчвилль.

Кумасси – префектура с высокой плотностью населения и промышленной зоной. Данный район интенсивно развивается, поэтому нуждается в увеличении площади жилой застройки.

Маркори – муниципалитет, который представляет жилой район с множеством магазинов и большим рынком. Он объединяет большинство крупных супермаркетов Абиджана: Южный Кейп, Прима и торговый центр Carrefour.

Бьетри и Зона 4 – элитные жилые районы с неплотной застройкой (рис. 10), где проживает много иностранцев, особенно западных эмигрантов и многочисленное французское сообщество.



Рис. 10. Восьмизэтажный жилой дом в районе Бьетри

Порт-Буэ – район у моря, рядом расположен порт и нефтеперерабатывающий завод (Société ivoirienne de raffinage SIR), международный аэропорт и промышленная зона Вриди.

Трейчвилль – район, в котором находится автономный порт Абиджана, а также множество магазинов и складов. Портовая зона также является промышленной зоной.

Как можно убедиться основные промышленные зоны расположены в южной части города, при этом в северной ее части расположен порт Абиджана и густонаселенные малообеспеченные районы с низким качеством жилья и низким уровнем жизни.

Социально-экономический обзор

Примерно 35 % населения проживает в недорогом жилье в центральных районах и 65 % в отдаленных районах города: 12 % в Кокоди, 10 % в Порт-Буэ и Вриди, но более 42 % в северо-западных округах, в основном в Йопугоне.

Стоимость многоэтажных домов варьируется в зависимости от расположения. В районе Кокоди, как и на Плато [3], ежемесячная арендная плата за квартиры варьируется от 800 000 до двух миллионов франков. Кроме того, ряд организаций и компаний диверсифицируют свои активы за счет вложений в недвижимость или строительство многоэтажных домов [3]. Следует отметить, что объем строительства в республике Кот-д'Ивуар на 2020 г. составляет 2,2 млрд долларов и находился на третьем месте среди африканских стран.

Место	Регион Страна	Млрд Долл	%
Западная Африка		43,8	100
Страны			
1	Нигерия	32,4	74,1
2	Гана	4,1	9,3
3	Кот Д'ивуар	2,2	5,1
4	Мали	0,72	1,7
5	Бенин	0,71	1,6
6	Сенегал	0,68	1,5
7	Гвинея	0,67	1,5
8	Нигер	0,59	1,4
9	Буркина Фасо	0,53	1,2
10	Мавритания	0,36	0,82
11	Гамбия	0,24	0,56
12	Кабо-Верде	0,21	0,48
13	Того	0,19	0,44
14	Либерия	0,041	0,093
15	Сьерра-Леоне	0,034	0,079
16	Гвинея-Биссау	0,025	0,057

Рис. 11. Рейтинг строительства в Западной Африке, 2020 г.

Как показывают исследования, уровень многоэтажного строительства в городе Абиджан не соответствует мировым стандартам и требованиям. И значительно отстает от аналогичных мегаполисов развивающихся и развитых стран [5].

По этой причине необходимо:

- наращивать вложения в область строительство многоэтажного жилого строительства;
- совершенствовать и развивать юридическую базу;
- развивать базу проектных и организационно-технических решений многоэтажного жилого строительства;
- наращивать строительную промышленность и инфраструктуру.

Литература

1. Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)\ Volume II schema directeur d'urbanisme du grand abidjan et autres travaux du projet\ Le projet de developpement du schema directeur d'urbanisme du grand abidjan (SDUGA) rapport final.
2. https://www.lemonde.fr/afrique/article/2022/03/09/en-cote-d-ivoire-abidjan-meurtrie-par-des-effondrements-d-immeubles-a-repetition_6116815_3212.html/
3. René Parenteau et François Charbonneau \Abidjan : une politique de l'habitat au service du plan urbain\ https://id.erudit.org/iderudit/02229_3ar/
4. [Le-compagnon-du-btp-n-00-1-62569c16063b9503994734.pdf/](#)
5. https://www.sikafinance.com/marches/cote-divoire-144-immeubles-r7-bientot-construits-a-bingerville_39017/
6. https://www-gouv-ci.translate.google/_actualite/article/

УДК 624.072.02

Адилжан Таджимухаммедович Маруфий,
д-р техн. наук, профессор
Уметали Султанович Джусуев,
канд. техн. наук, доцент
Эльнура Номановна Турдажиева,
инженер
(Ошский технологический университет
им. академика М. М. Адышева)
E-mail: turdazhiyeva@inbox.ru

Adilzhan Tajimammedovich Marufii,
Dr. Sci. Tech., Professor
Umetali Sultanovich Dzhusuev,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Elnura Nomanovna Turdazhieva,
engineer
(Osh Technological University
named after M. M. Adyshev)
E-mail: turdazhiyeva@inbox.ru

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОНЕЧНОЙ БАЛКИ НА ВИНКЛЕРОВСКОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ С УЧЕТОМ НЕПОЛНОГО КОНТАКТА С ОСНОВАНИЕМ И ДЕЙСТВИЯ ПРОДОЛЬНЫХ УСИЛИЙ, ПРИЛОЖЕННЫХ В СРЕДИННОЙ ПЛОСКОСТИ БАЛКИ

ALGORITHM FOR CALCULATION OF A FINITE BEAM ON A WINKLER ELASTIC FOUNDATION TAKING INTO ACCOUNT INCOMPLETE CONTACT WITH THE FOUNDATION AND THE ACTION OF LONGITUDINAL FORCES APPLIED IN THE MID PLANE OF THE BEAM

В данной статье получено аналитическое решение задачи об изгибе конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом особых условий её работы. Суть особых условий заключается в одновременном учете неполного контакта балки с грунтовым основанием и продольных растягивающих и сжимающих усилий, приложенных в срединной плоскости балки. Основной целью исследований являются введение параметров, учитывающих эти условия в дифференциальное уравнение изгиба балки и получение аналитического решения задачи. Это решение получено методом конечных разностей. Сущностью этого метода является замена всех производных исходного дифференциального уравнения конечно-разностными отношениями. Результатом этого является получение решения в виде системы линейных алгебраических уравнений относительно значений функций прогибов в заранее нанесенных точках. Популярность принятого метода во многом объясняется относительной простотой и доступностью для широкого класса инженеров-проектировщиков.

Ключевые слова: балка, функция прогибов, упругое основание, неполный контакт, изгиб, производные, ленточный фундамент, конечные разности.

In this article, an analytical solution of the problem of bending a finite beam on a Winkler elastic base is obtained, taking into account the special conditions of its operation. The essence of the special conditions is to simultaneously take into account the incomplete contact of the beam with the ground base and the longitudinal tensile and compressive forces applied in the median plane of the beam. The main purpose of the research is to introduce parameters that take these conditions into account into the differential equation of beam bending and obtain an analytical solution to the problem. This solution is obtained by the finite difference method. The essence of this method is to replace all derivatives of the original differential equation with finite-difference relations. The result of this is to obtain a solution in the form of a system of linear algebraic equations with respect to the values of the deflection functions at pre-plotted points. The popularity of the adopted method is largely due to its relative simplicity and accessibility for a wide class of design engineers.

Key words: beam, deflection function, elastic base, incomplete contact, bending, derivatives, ribbon foundation, finite differences.

Введение. В проектной практике встречаются явления неполного контакта конструкций ленточных фундаментов с грунтовым основанием. Такого рода явления происходят, в случае проектирования фундаментов на просадочных грунтах в виде лессовых отложений. Эти грунты тверды в сухом состоянии и теряют несущую способность при увлажнении. Зачастую в процессе эксплуатации зданий и сооружений при попадании влаги под фундаменты (плохо решены ирригационные вопросы, прорыв коммуникаций и т. д.) образуются

провалы грунта (неполный контакт фундамента с грунтом) на отдельных участках. Расчетная схема ленточных фундаментов сводится к расчету балок на деформируемом основании. Грунты обычно моделируются различными моделями. Когда ленточный фундамент проектируется на просадочных грунтах целесообразно выбрать винклеровскую модель грунтового основания. Если учесть, что на основной территории Юга Кыргызской Республики, вернее Ферганской долине залегают просадочные грунты, такого рода исследования являются актуальными.

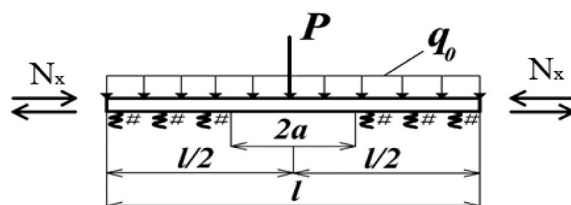
Ранее в [9] получено аналитическое решение задачи об изгибе конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом только неполного контакта с грунтовым основанием.

Действие продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки происходит при предварительном натяжении арматуры и перепаде температур.

Целью исследования является составление алгоритма расчета конечной балки на линейном деформируемом упругом основании с одновременным учетом неполного контакта с основанием и действием продольных растягивающих и сжимающих усилий, приложенных в срединной плоскости балки. Неполный контакт принят в виде траншеи, расположенной в центральной части балки (рис. 1) [9].

Метод исследования. Алгоритм расчета конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом вышеперечисленных факторов составлен методом конечных разностей. Этот метод является одним из универсальных и широко используемых методов решения краевых задач. Его популярность во многом объясняется относительной простотой подхода и дискретизации дифференциальных уравнений и доступной для широкого класса инженеров проектировщиков. Суть метода заключается в следующем. Рассчитываемая балка разбивается на несколько частей по длине. Все производные входящие в дифференциальное уравнение приближенно заменяются соответствующими разностными отношениями (по формулам численного дифференцирования) и таким образом, выражаются через неизвестные узловые значения искомой функции [1–5]. В результате приходим к системе линейных алгебраических уравнений относительно значений функций прогибов в нанесенных точках. Чем больше точек с неизвестными прогибами будет намечено на конструкции ленточных фундаментов, тем точнее будет результат. Суть метода исследований заключается во введении в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки параметров, учитывающих как явления неполного контакта балки с основанием, так и действие продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки [6–8].

Рассмотрим конечную балку длиной l на винклеровском упругом основании под центральной частью, которой отсутствует упругое основание длиной $2a$ (нет контакта балки с основанием) и действием продольных растягивающих и сжимающих усилий N_x , приложенных срединной плоскости балки (см. рис.) [9].



Расчетная схема конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием и продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки

Дифференциальное уравнение изгиба балки на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием в виде одной траншеи размером $2a$, расположенной

в центральной части балки и действием продольных усилий, приложенных в срединной плоскости, имеет вид (см. рис.):

$$EJ \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + k\theta(x-a)W(x) - N_x \frac{d^2 W(x)}{dx^2} = q(x),$$

где $W(x)$ – функция прогиба балки (см);

E – модуль упругости материала балки (Па), (кг/см²);

J – осевой момент инерции поперечного сечения балки (см⁴·м⁴);

$\theta(x-a)$ – функция Хевисайда, учитывает неполный контакт конструкции балки с упругим основанием;

$q(x)$ – внешняя нагрузка;

N_x – интенсивность продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки;

k – коэффициент постели основания (кг/см³);

L – длина пролета балки.

Алгоритм расчета конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием и действием продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки.

После получения всех необходимых производных, подставим их в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки, записываемое для точки i :

$$EJ \frac{6W_i(x) - 4[W_d(x) + w_b(x) + W_n(x) + W_i(x)]}{\lambda_x^4} + K\theta(x-a)W_i(x) - N_x \frac{W_b(x) - 2W_i(x) + W_d(x)}{\lambda_x^4} = q(x)$$

Выводы:

1. Итак, получено аналитическое решение задачи изгиба конечной балки на винклеровском упругом основании в виде одной траншеи расположенной в центральной части балки и действием продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки.

2. Аналитическое решение получено методом конечных разностей путем замены всех производных, входящих в исходное дифференциальное уравнение изгиба балки соответствующими конечно-разностными отношениями.

3. Конечно-разностные отношения выражаются через неизвестные функции прогибов. В результате приходным к системе линейных алгебраических уравнений относительно значений функций прогибов в i той точке.

4. Простота подхода к решению дифференциальных уравнений этим методом позволяет использовать полученный алгоритм для широкого класса инженеров – проектировщиков.

Литература

1. Киселев В. А. Расчет пластин. Москва: Стройиздат, 1973. 157с.
2. Леонтьев Н. Н., Маруфий А. Расчет прямоугольной плиты на упругом двух параметрическом основании. Сборник трудов МИСИ «Расчет пространственных конструкций» Москва, 1983. С. 122–126.
3. Маруфий А. Т. «Изгиб бесконечной плиты, лежащей на винклеровском основании с учетом поперечной и продольной нагрузок» [Текст] / А. Т. Маруфий, А. Т. Турганбаев // Научный вестник ФерГУ, Фергана, Республика Узбекистон, 1996. № 3. С. 51–53.
4. Маруфий А. Т. Расчет плит на упругом основании при отсутствии основания по части плиты // Научный журнал «Основания, фундаменты и механика грунтов». М. 1999. № 4. С. 27–31.
5. Маруфий А. Т. Изгиб различных схем плит на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием [Текст] / А. Т. Маруфий. М.; Издательство АСВ, СНГ, 2003. 206 с.

6. *Маруфий А. Т.* Математическое моделирование задача изгиба различных схем плит на деформируемом основании с особенностью в основании [Текст] / А. Т. Маруфий, К. Т. Мансуров. Бишкек, Издательство «Илим» НАН КР., 2014. 145 с.

7. *Маруфий А. Т.* Изгиб полубесконечной балки на двухпараметрическом упругом основании с неполным контактом с основанием на краю балки [Текст] / А. Т. Маруфий, А. А. Эгембердиева / Вестник КГУСТА № 1(63), Бишкек, 2019. С. 59–64.

8. *Маруфий А. Т.* Алгоритм расчета полубесконечной балки на двухпараметрическом упругом основании с участком без основания на удалении от края под балкой [Текст] / А. Т. Маруфий, А. А. Эгембердиева / Известия КГТУ № 3(51), 2019. 126–133 с.

9. *Маруфий А. Т.* Аналитическое решение задачи об изгибе конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом условий наиболее полно, отображающих их реальную работу. [Текст] / А. Т. Маруфий, Э. С. Рысбекова, Э. Н. Турдажиева. Бишкек, «Кыргыз патент», авторское право свидетельство № 4824 от 31.05.2022 г.

УДК 69.051

Акбарали Нормуродович Джабриев,
д-р экон. наук, профессор
Наурызбай Базарбай-улы Досымбетов,
аспирант
(Ташкентский архитектурно-строительный
университет)
E-mail: akbarali1949@mail.ru,
nawriz270396@umail.com

Akbarali Normurodich Djabriev,
Dr. Sci. Ec., Professor
Nawrizbay Bazarbay-uli Dosimbetov,
postgraduate student
(Tashkent University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: akbarali1949@mail.ru,
nawriz270396@umail.com

ОТЛИЧИЕ ПРОСТЫХ ПРИЕМОВ ОТ ПЛАНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ EGEM В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

THE DIFFERENCE OF SIMPLE TECHNIQUES FROM EGEM SYSTEM PLANNING IN CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS

В результате проведенного экспериментального исследования был систематизирован учет производства строительно-монтажных работ при составлении календарного плана. Проанализированы особенности экономии времени и затрат путем формирования моделей восстановления объектов в программе EGEM (Global Equipment Management System) комплексной системы управления машинами и оборудованием по своевременному планированию работ в строительной технике.

Ключевые слова: EGEM (Global Equipment Management System), строительно-монтажные работы, строительная техника, оцифровка планирования строительно-монтажных работ, экономические параметры.

As a result of the conducted experimental study, accounting for the production of construction and installation works was systematized in the preparation of the calendar plan. The features of saving time and costs by creating models for the restoration of objects in the EGEM (Global Equipment Management System) program, an integrated system for managing machines and equipment for timely planning of work in construction equipment, are analyzed.

Keywords: EGEM (Global Equipment Management System), construction and installation works, construction equipment, digitization of planning of construction and installation works, economic parameters.

Применение научного подхода к разработке и планированию организации работ в строительстве является одним из важнейших факторов повышения эффективности строительно-монтажных работ.

Цель нашей разработки на основе проведенного эксперимента оптимизации работ на примере объекта *TEXNO PARK* Д-Блок в программе *Global Equipment Management System* доказать эффективность применения математического моделирования при организации производственных процессов.

В качестве объекта исследования была выбрана *TEXNO PARK* Д-Блок компания.

Основная задача была произвести оптимизацию применения основных фондов строительной компанией, и максимально возможно повысить эффективность применения парка машин, обеспечив оптимальную эксплуатационную нагрузку и получение прибыли, со снижением эксплуатационных затрат.

В строительно-монтажных работах в процессе работы с использованием оборудования по календарному плану были проведены следующие испытания процессы управления на базе программы *EGEM (Global Equipment Management System)* сравнивались с непосредственным использованием строительной техники с обычными логистическими центрами, а учетная работа велась следующим образом.

1. ЭКСКАВАТОР 60W 1031-R-0029, 10 / 155 FA:

$$\text{Экс60W}_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n,$$

$\text{Экс60W}_{\text{маш/час}}$ – общее количество машино-часов экскаватора;

$d_1 + d_2 + \dots + d_n$ – общее количество часов в день

$$\text{Экс60W}_{\text{маш/час}} = 10_{\text{маш/час}} + 10_{\text{маш/час}} + \dots + 10_{\text{маш/час}} = 194,5_{\text{маш/час}},$$

$$\text{Экс60W}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час},$$

$$194,5_{\text{маш/час}} \times 80\,095 \text{ ўм (денежная единица Узбекистана)} = 15\,578\,477,5 \text{ сўм}$$

$$\text{Экс60W} = 15\,578\,477 \text{ сўм.}$$

2. ЭКСКАВАТОР 140W 1032-R-0026 , 01 / 377 AA:

$$\text{Экс140W}_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n,$$

$\text{Экс140W}_{\text{маш/час}}$ – общее количество машино-часов экскаватора;

$$\text{Экс140W}_{\text{маш/час}} = 11_{\text{маш/час}} + 11_{\text{маш/час}} + \dots + 11_{\text{маш/час}} = 71,5_{\text{маш/час}},$$

$$\text{Экс140W}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час},$$

$$71,5_{\text{маш/час}} \times 100\,095 \text{ сум} = 7\,156\,792,5 \text{ сўм}$$

$$\text{Экс140W} = 7\,156\,792,5 \text{ сўм}$$

Кран манипулятор 1014-R-0004 , 01 / F 129 HA

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}}$ = Сумма общих маш/час крана-манипулятора;

$d_1 + d_2 + \dots + d_n$ = общее количество часов в день.

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 10_{\text{маш/час}} + 4_{\text{маш/час}} + \dots + 9,5_{\text{маш/час}} = 149,5_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час}$$

$$149,5_{\text{маш/час}} * \text{сум} * 78048 \text{ сўм} = 11\,668\,048 \text{ сўм}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 11\,668\,048 \text{ сўм}$$

3. Кран манипулятор 1014-R-0017 , 01/ 639 QHA

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}}$ = Сумма о общих маш/час крана-манипулятора;

$d_1 + d_2 + \dots + d_n$ = общее количество часов в день.

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 7_{\text{маш/час}} + 8_{\text{маш/час}} + \dots + 10_{\text{маш/час}} = 216,5_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час}$$

$$216,5_{\text{маш/час}} \times \text{сўм} \times 78048 \text{ сўм} = 16\,897\,392 \text{ сўм}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 16\,897\,392 \text{ сўм}$$

4. Погрузчик 3м³1026-R-004 , 01/627 AA

$$\text{Погрузчик 3м}^3_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

Погрузчик $3\text{м}^3_{\text{маш/час}} = \text{Сумма общих маш/час погрузчика } 3\text{м}^3;$

$$d_1 + d_2 + \dots + d_n = \text{общее количество часов в день.}$$

$$\text{Погрузчик } 3\text{м}^3_{\text{маш/час}} = 0_{\text{маш/час}} + 0_{\text{маш/час}} + \dots + 0_{\text{маш/час}} = 0_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Погрузчик } 3\text{м}^3_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час}$$

$$0_{\text{маш/час}} \text{ сўм}$$

5. Автокран 30т 1009-R-008 , 10/ 061 NBA

$$\text{Экс140W}_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

Автокран $30\text{т}_{\text{маш/час}}$ – общее количество машино-часов автокрана грузоподъемностью 30 т;

$$d_1 + d_2 + \dots + d_n = \text{общее количество часов в день}$$

$$\text{Автокран } 30\text{т}_{\text{маш/час}} = 10_{\text{маш/час}} + 10_{\text{маш/час}} + \dots + 7,5_{\text{маш/час}} = 138_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Автокран } 30\text{т}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час}$$

$$138_{\text{маш/час}} \times 130\,427 \text{ сўм} = 17\,998\,926 \text{ сўм}$$

$$\text{Автокран } 30\text{т}_{\text{маш/час}} = 17\,998\,926 \text{ сўм}$$

6. Водовоз 1002-R-0013 , 01/ W 286 КА

$$\text{Водовоз}_{\text{маш/час}} = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$

Водовоз $_{\text{маш/час}}$ = общее количество машино-часов водовоза;

$$d_1 + d_2 + \dots + d_n = \text{общее количество часов в день.}$$

$$\text{Водовоз} = 10_{\text{маш/час}} + 8_{\text{маш/час}} + \dots + 10_{\text{маш/час}} = 76_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Водовоз}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час}$$

$$76_{\text{маш/час}} \times 72\,473 \text{ сум} = 5\,507\,948 \text{ сўм}$$

$$\text{Водовоз}_{\text{маш/час}} = 5\,507\,948 \text{ сўм.}$$


Полученные результаты были сведены в табл. 1.

Таблица 1

Экономическая эффективность при планировании и использовании методов в простом процессе

№	Наименование специальной техники	Стоимость, сўм
1	Водовоз 1002-R-0013 , 01/ W 286 КА	5 507 948
2	Автокран 30т 1009-R-008 , 10/ 061 NBA	17 998 926
3	Погрузчик 3м^3 1026-R-004 , 01/627 AA	0
4	Кран манипулятор 1014-R-0017 , 01/ 639 QHA	16 897 392
5	Кран манипулятор 1014-R-0004 , 01/ F 129 HA	11 668 048
6	Экскаватор 140W 1032-R-0026 , 01/ 377 AA	7 156 792,5
7	Экскаватор 60W 1031-R-0029, 10/ 155 FA	15 578 477,5
	Итого	74 807 584

Экономический показатель при планировании и использовании методик в процессе EGEM представлен на рис. 1, а формы бронирования на рис. 2.

#2300	Форма бронирования		
Место расположения	Тапоич (D blok)	Создал	Jabborov Sardorbek Zokir o'g'li
Компания	Discover Invest	Создать время	05/06/2021 15:37:28
Имя		Утвердил	Xalilov Sanjar Botirovich
Адрес		Утвердить время	05/07/2021 10:33:26
Телефон	+99899 408 66 66		

Число	Определение		Тип Обслуживания	Начальное время	Время окончания	Расчетная стоимость			Расширенная ценность			Реальная стоимость			Задержка	Пауза
	Код	Номерной знак				Компания по аренде техники	Запись			Время	Экспедиция	метр	Время	Экспедиция		
1	ВОДОВОЗ		Внутренние работы	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00		240.00	-	-	-	-	-	93.06	-	-	
	1002-R-0013	01/W286KA				OOO "MUNAMMAD LOGISTIKA"										
2	АВТОКРАН 30 ТН		Монтажные работы	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00	240.00	-	-	-	-	-	102.48	-	-		07:56
	1009-R-0008	10/061NBA														
3	ПОГРУЗЧИК 3М3		Внутренние работы	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00	240.00	-	-	-	-	-	-	-	-		
	1026-R-0004	01/627AA														
4	КРАН МАНИПУЛЯТОР		Внутренние работы	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00	240.00	-	-	-	-	-	186.69	-	-		13:35
	1014-R-0017	01/639QNA														
5	КРАН МАНИПУЛЯТОР		Внутренние работы	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00	240.00	-	-	-	-	-	149.54	-	-		10:37
	1014-R-0004	01/F129NA														

Рис. 1. Экономический показатель при планировании и использовании методик в процессе EGEM

#2300	Форма бронирования		
-------	---------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------

Число	Определение		Тип Обслуживания	Начальное время	Время окончания	Расчетная стоимость			Расширенная ценность			Реальная стоимость			Задержка	Пауза
	Код	Номерной знак				Компания по аренде техники	Запись			Время	Экспедиция	метр	Время	Экспедиция		
6	ЭКСКАВАТОР 60W		Разработка грунта	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00		240.00	-	-	-	-	-	150.02	-	-	
	1031-R-0029	10/155FA				YATT "PANYIYEV RUXILLA G'AYBULLA O'G'LI"										
7	ЭКСКАВАТОР 140W		Внутренние работы	05/07/21 08:00	05/31/21 18:00	240.00	-	-	-	-	-	25.49	-	-		01:00
	1032-R-0026	01/377AA														
Итого						1680.00				707.28						

Рис. 2. Форма бронирования

Дальнейшая оптимизация соотношения часов эксплуатации и расходов на эксплуатацию была проведена в программе EGEM.

В программе EGEM посчитаем сумму часов и общие расходы на общеоборудование с 07.05.2021 по 31.05.2021 годы.

1. Экскаватор 60W 1031-R-0029 , 10/ 155 FA:

$$\begin{aligned} \text{Экс}60W_{\text{маш/час}} &= 150,02_{\text{маш/час}} \\ \text{Экс}60W_{\text{маш/час}} &\times \text{с\ddot{u}м} \\ 150,02_{\text{маш/час}} &\times 80\,095 \text{ с\ddot{u}м} = 12\,015\,851,9 \text{ с\ddot{u}м} \\ \text{Экс}60W &- 12\,015\,851,9 \text{ с\ddot{u}м}. \end{aligned}$$

2. Экскаватор 140W 1032-R-0026 , 01 / 377 AA:

$$\begin{aligned} \text{Экс}140W_{\text{маш/час}} &= 25,49_{\text{маш/час}} \\ \text{Экс}140W_{\text{маш/час}} &\times \text{с\ddot{u}м} \end{aligned}$$

$$25,49_{\text{маш/час}} \times 100\,095_{\text{сўм}} = 2\,551\,421,55_{\text{сўм}}$$

$$\text{Экс } 140W = 2\,551\,421,55_{\text{сўм.}}$$

3. Кран манипулятор 1014-R-0004 , 01/ F 129 НА

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 149,5_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = \text{сўм}$$

$$149,5_{\text{маш/час}} * \text{сўм} * 78\,048_{\text{сўм}} = 11\,668\,048_{\text{сўм}}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 11\,668\,048_{\text{сўм.}}$$

4. Кран манипулятор 1014-R-0017 , 01/ 639 QHA

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 186,69_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = \times \text{сўм}$$

$$186,69_{\text{маш/час}} \times \text{сўм} \times 78\,048_{\text{сўм}} = 14\,570\,781,1_{\text{сўм}}$$

$$\text{Кран ман}_{\text{маш/час}} = 14\,570\,781,1_{\text{сўм.}}$$

5. Погрузчик 3м³ 1026-R-004 , 01 /627 AA

$$\text{Погрузчик } 3\text{м}^3_{\text{маш/час}} = 0_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Погрузчик } 3\text{м}^3_{\text{маш/час}} = \text{сўм}$$

$$0_{\text{маш/час}} \times \text{сўм.}$$

6. Автокран 30т 1009-R-008 , 10 / 061 NVA

$$\text{Автокран } 30\text{т}_{\text{маш/час}} = 102,48_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Автокран } 30\text{т}_{\text{маш/час}} \times \text{сўм}$$

$$102,48_{\text{маш/час}} \times 130\,427_{\text{сўм}} = 13\,366\,159_{\text{сўм}}$$

$$\text{Автокран } 30\text{т}_{\text{маш/час}} = 13\,366\,159_{\text{сўм.}}$$

7. Водовоз 1002-R-0013 , 01/ W 286 KA

$$\text{Водовоз} = 93,06_{\text{маш/час}}$$

$$\text{Водовоз}_{\text{маш/час}} \times \text{маш/час}$$

$$93,06_{\text{маш/час}} \times 72\,473_{\text{сўм}} = 6\,744\,337,38_{\text{сўм}}$$

$$\text{Водовоз}_{\text{маш/час}} = 6\,744\,337,38_{\text{сўм}}$$

Результаты расчетов сводим в табл. 2.

Экономический показатель при планировании и использовании методик в процессе EGEM

№	Наименование специальной техники	Стоимость, с\м
1	Водовоз 1002-R-0013, 01 / W 286 КА	6 744 337,38
2	Автокран 30 т 1009-R-008, 10 / 061 NBA	13 366 159
3	Погрузчик 3 м ³ 1026-R-004, 01 /627 AA	0
4	Кран манипулятор 1014-R-0017, 01 / 639 QHA	14 570 781,1
5	Кран манипулятор 1014-R-0004, 01 / F 129 HA	11 668 048
6	Экскаватор 140W 1032-R-0026, 01 / 377 AA	2 551 421,55
7	Экскаватор 60W 1031-R-0029, 10 / 155 FA	12 015 851,9
	Итого:	60 916 598,9

Соотношение экономических показателей при плановом стандартном технологическом процессе и при планировании технологического процесса в программе EGEM представлены на рис. 3.

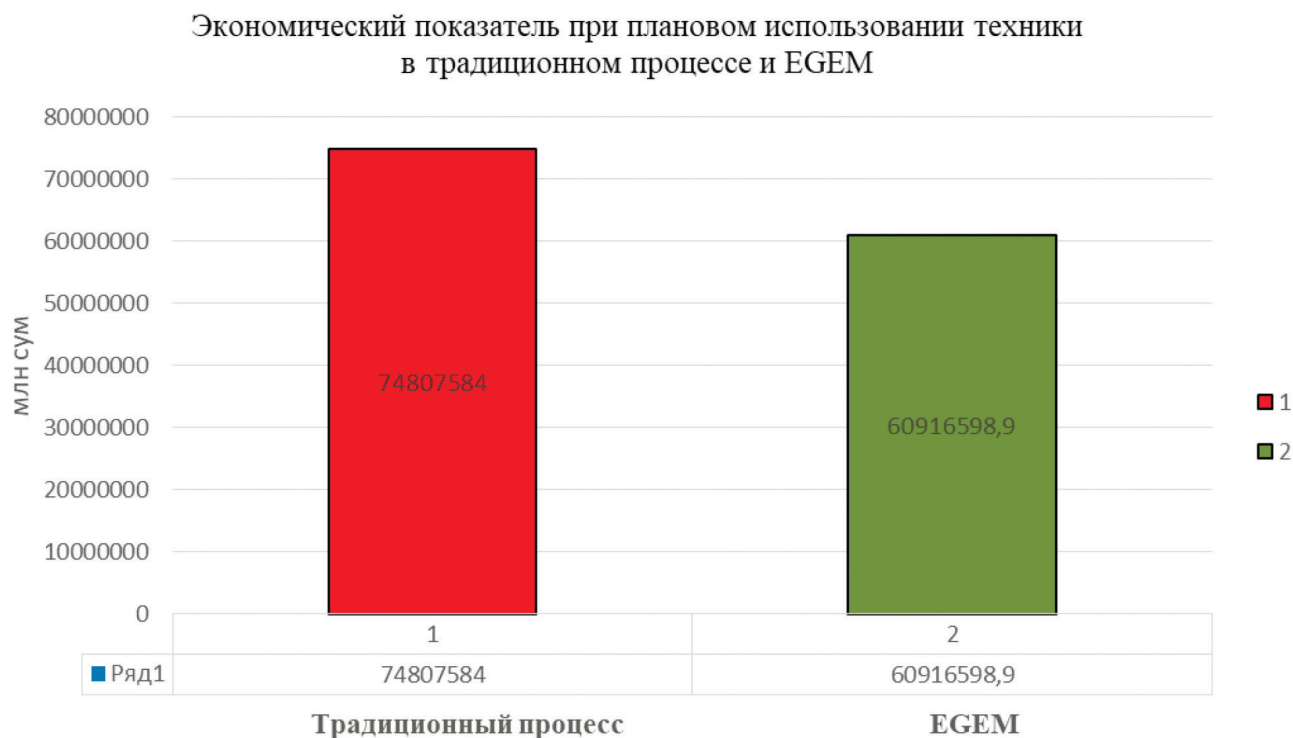


Рис. 3. Экономический показатель при плановом использовании техники в традиционном процессе и EGEM

Общие результаты проведенных исследований подтверждающие положительный эффект технических и экономических изменений, влияющих на эффективность использования парка машин представлены в табл. 3.

Результат технических изменений в EGEM

№	Наименование специальной техники	Время, час
1	Водовоз 1002-R-0013, 01 / W 286 КА	05:57
2	Автокран 30т 1009-R-008, 10 / 061 NBA	07:56
3	Погрузчик 3м ³ 1026-R-004, 0 1/627 AA	00:00
4	Кран манипулятор 1014-R-0017, 01 / 639 QHA	13:55
5	Кран манипулятор 1014-R-0004, 01 / F 129 HA	10:37
6	Экскаватор 140W 1032-R-0026, 01 / 377 AA	01:00
7	Экскаватор 60W 1031-R-0029, 10/ 155 FA	07:57

За продолжительность работ принимаем среднемесячный показатель – 23 рабочих смены. Экономическая разница между работами спланированными с применением EGEM и обычными пусконаладочными работами:

1. Общий экономический показатель проведения СМР и проектных работ: 74 807 584 сўм.
2. Общий экономический показатель пуско-наладочных работ спланированных с применением EGEM: 60 916 598,9 сўм.

Разница составляет $=74\,807\,584 - 60\,916\,598,9 = 13\,890\,985,1$ сўм.

Производство СМР предполагает, что, в процессе строительства для внедрения и использования проектной системы должно быть назначено одно ответственное лицо (мастер или прораб), отвечающее непосредственно за работу программного комплекса. Все поступающие со строительных площадок сведения в процессе работы ответственным лицом непосредственно сводятся в таблицы, программа позволяет производить учет и вышедшей из строя техники, если считать что в среднем на одном объекте работает 25–30 единиц техники, уровень ответственности предполагает выделение отдельной должности ИТР работника непосредственно отвечающего за работу спrogramным комплексом, и не занятого в СМР и иной хозяйственной деятельности.

Эффект от введения дополнительной должности ИТР на объекте строительства подтверждается расчетом. Средняя зарплата строителя, работающего мастером в строительной компании «Discover Invest», в 3 500 000 млн куб.

$$13\,890\,985,1 - 3\,500\,000 = 10\,390\,985,1 \text{ млн сўм}$$

Это показатель экономической выгоды за 23 рабочих дня. Преобразуя это в ежедневную экономическую цифру, мы можем сказать, что была достигнута экономическая эффективность в размере 451 781 961 м³.

Если мы умножим это на один год или четыре квартала:

Результат будет равен: $451\,781,961 \times 304 = 137\,341\,716$ млн сўм.

Это означает, что в среднем можно сэкономить 137 341 716 миллионов кубометров в год (произведен анализ на примере объекта TEXNO PARK Д-Блок).

Вывод. Результативность проведения исследования подтверждает степень фактического достижения поставленных задач. Обеспечение эффективности эксплуатации парка машин обеспечивается несколькими принятыми решениями: непосредственной оптимизацией

парка машин, оптимизацией коэффициента использования парка машин по времени, обеспечение более полной загрузки техники и сокращающей простои машин, и непосредственно снижающей показатель затрат на эксплуатацию; а также улучшение работы службы технического регулирования организации и планирования работ.

Литература

1. Юсупов Х. И. Планирование организации строительства. 2022
2. Джабриев А. Н., Искандаров Э. Б. Основные положения формирования системы устойчивого инновационного развития строительной сферы. Архитектура курилиш Дизайн. журнал ТАҚИ. 2019. № 2.
3. Досымбетов Н. Б. Курилиш ишларини таквимий режалаштириш усулларини таҳлили ва мослашиш хусусиятларини ошириш имкониятлари.
4. Джабриев А.Н., Мухаммадиев У. А. Буриев Х. Т. Методические пособия к проведению практических занятий по дисциплине: Организация, планирование и управления строительства. СамГАСИ. Самарканд. 2006.

УДК 624.07+721.011

Абдивап Момунович Зулпуев,
д-р техн. наук, профессор
Улан Душабаевич Абдуллаев,
старший преподаватель
Каныкей Каныбековна Казакова,
аспирант
Каныбеков М. З.,
магистрант
(Ошский технологический университет
им. академика М. М. Адышева)
E-mail: Ulan-123@inbox.ru

Abdivap Momunovich Zulpuev,
Dr. Sci. Tech., Professor
Ulan Dushabaevich Abdullaev,
senior lecturer
Kanykey Kanybekovna Kazakova,
postgraduate student
Kanybekov M. Z.,
Master's degree student
(Osh Technological University
named after M. M. Adyshev)
E-mail: Ulan-123@inbox.ru

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗГИБАЕМОЙ ПЛИТЫ С ПРОФИЛИРОВАННЫМ НАСТИЛОМ, ПОДВЕРГНУТОЙ КРУЧЕНИЮ

CALCULATION OF THE BEARING CAPACITY OF THE BENDING PLATES WITH PROFILED DECKING, TORSION

На сегодняшний день монолитные изгибаемые плиты с профилированным настилом на кручение, судя проведенными по анализу работу исследователей, по какой-то мере не исследовались. Для этого в исследованиях запланировано получить оценки прочности и жесткости плит, работающих на кручение, которые далее, как компоненты, будут использованы в общем расчетном модели для плит работающей в двух направлениях. Несущую способность балочных изгибаемых плит с профилированным настилом, подвергнутой кручению, можно предположительно оценивать, исходя из положений сопротивления материалов для упругих стержней.

Опытный крутящий момент, достигнутый при разрушении балочной изгибаемой плиты с профилированным настилом составил $8,25 \text{ кН} \cdot \text{м}$; а различие между опытным и теоретическим, крутящими моментами для стадии разрушения составляет 11 %, что можно признать приемлемым.

Таким образом можно сделать вывод, что кручение является отдельной достаточно сложной проблемой в железобетоне, а в настоящей работе оно имеет вспомогательное значения для построения методики расчета прочности и перемещений плит, работающих в двух направлениях, то можно употребить подход аналогичный изложенному применительно к изгибаемым плитам, т. е. построить аппроксимирующую зависимость «Н-φ», основываясь на расчетном – экспериментальном материале.

Ключевые слова: профилированный настил, крутящий момент, несущая способность, прочности и перемещений плиты, расчетная модель, аппроксимирующую зависимость.

To date, monolithic bending slabs with profiled torsion decks, judging by the analysis of the work of researchers, have not been studied to some extent. To do this, it is planned to obtain estimates of the strength and stiffness of torsion plates, which further, as components, will be used in the general calculation models for plates operating in two directions. The load-bearing capacity of torsionally subjected beam flexural slabs with profiled decking can be tentatively estimated based on the strength of materials provisions for resilient bars.

The experimental torque achieved during the destruction of a bent beam slab with profiled decking was $8,25 \text{ кН} \cdot \text{м}$; and the difference between the experimental and theoretical torques for the destruction stage is 11 %, which can be considered acceptable.

Thus, it can be concluded that torsion is a separate rather complex problem in reinforced concrete, and in this work it is of auxiliary importance for constructing a methodology for calculating the strength and displacements of slabs operating in two directions, then we can use an approach similar to that described for bending slabs, t. e. build an approximating dependence “Н-φ”, based on the calculated – experimental material.

Keywords: profiled flooring, torque, load bearing capacity, strength and movement of the plate, calculation model, approximating dependence.

В настоящее время монолитных изгибаемых плит с профилированным настилом на кручение, судя проведенными по анализу работу исследователей, по какой-то мере не исследовались.

Экспериментальные испытания на кручение натурального образца подчинено получению расчетное – экспериментального материала для разработки методики расчета прочности и перемещений балочных плит с профилированным настилом, работающие в двух направлениях.

По исследованиям запланировано получить оценки прочности и жесткости плит, работающих на кручение, которые далее, как компоненты, будут использованы в общем расчетном моделях для плит работающей в двух направлениях [1–4].

Так как, при воздействии на изгибаемую балочную плиту с профилированными настилами крутящих моментов разрушение ее произошло по косой трещине вследствие истощения прочности бетона на растяжение, то вплоть до разрушения поведения плиты, можно считать практически упругим, об этом свидетельствует график «Н-φ» (рис. 1).

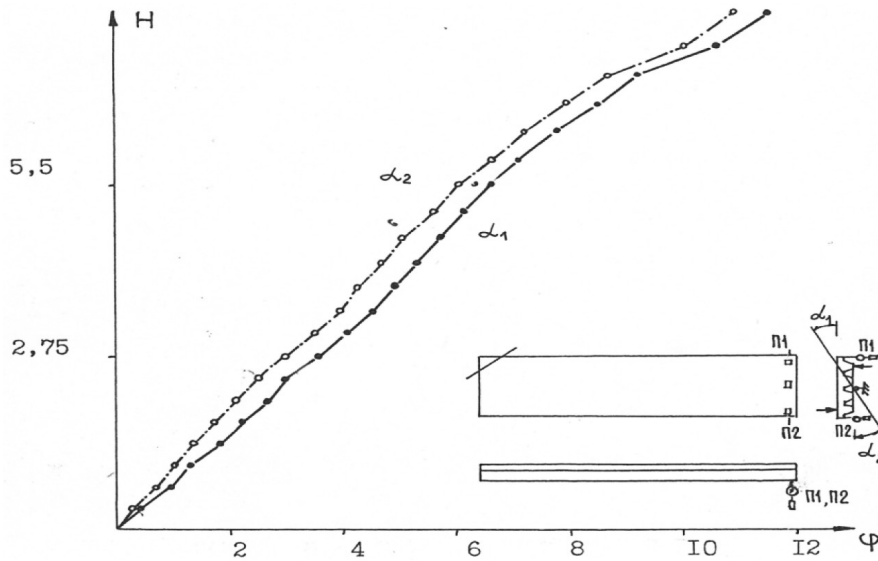


Рис. 1. Угол поворота по данным прогибомеров и поворот плиты при разных величинах крутящего момента: —•— 1,987 кН·м; - - -o- - - 4,134 кН·м; ····x···· 6,148 кН·м; ---- + ---- 7,95 кН·м

Несущую способность балочных изгибаемых плит с профилированным настилом, подвергнутой кручению, можно предположительно оценивать, исходя из положений сопротивления материалов для упругих стержней [5, 6].

Крутящий момент, отвечающий разрушающей нагрузке, вычисляется по формуле:

$$M_k = J_k \cdot \tau_{\max} / \delta_{\max}, \quad (1)$$

где J_k – момент инерции сечения при кручении; $\tau_{\max} = R_{bt}$ – наибольшее касательное напряжение в наиболее широком из прямоугольников, на которые разбивается поперечное сечения балочной изгибаемой плиты с профилированным настилом; δ_{\max} – наибольшая толщина от всех толщин фигур.

Момент инерции J_k вычисляется для поперечного сечения, составленного из прямоугольников – 4-х ребер шириной 13,2 см, высотой 13,9 см и пяти участков полки шириной 3,68 см и высотой 6 см:

$$J_k = \sum \eta_i \cdot b_i \cdot K_i \cdot n \quad (2)$$

$$J_k = (0,16 \cdot 13,2^4 \cdot 4 + 0,33 \cdot 3,68^4 \cdot 5) \cdot 1,21 = 23875 \text{ см}^4,$$

где η_i – коэффициенты, зависящие от соотношения сторон элементарных прямоугольников, на которые разбито исходное поперечное сечения балочной плиты; b_i – ширина элементарного прямоугольника; K_i – число прямоугольников одного типа; n – коэффициент приведения сечения к бетонному по формуле:

$$1 + (E_s J_b / E_b J_s),$$

где J_b и J_s – моменты инерции сечения бетона и стального профилированного настила.

Принимая в формуле $\delta_{\max} = 1,2$ см, учитывая, что $\tau_{\max} = R_{bt} = 4,11$ МПа, получим формуле (1):

$$M_k = (23875 \cdot 10^{-8} \cdot 4,11) / (13,2 \cdot 10^{-2}) = 7,43 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Опытный крутящий момент, достигнутый при разрушении балочной изгибаемой плиты с профилированным настилом составил 8,25 кН · м; различие между опытными и вычисленными (теоретическими) крутящими моментами для стадии разрушения составляет 11 %, что можно признать приемлемым.

Несущая способность сечений вычислялось, согласно [7, 8] по формуле для ширины плиты $b = 1$ м с учетом неупругих деформации бетона в растянутой зоне:

$$M = [(b \cdot h^2) / 3,5] \cdot R_{bt} = [(1 \cdot 0,06^2) / 3,5] \cdot 4,11 = 4,22 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Поскольку в формулу входят, так же не известной из расчета угол α , то предварительно он должен быть определен. Отыскание угла α из уравнения затруднительно, так это связано с решением трансцендентного уравнения, то угол α найден методом последовательных приближений. Задавая значения α , определяем соответствующую нагрузку Q по формуле; за истинной угол был принят тот, которому соответствует минимальное значения нагрузку Q .

Процедура отыскания угла α отражена на рис. 2.

Из этого рисунка следует, что Q_{\min} получаем при $\alpha = 28^\circ$. Расчетное значения $Q_{\min} = 145,9$ кН, вычисленное при $m_3 = 0$, отличается от опытного с учетом собственного веса плиты и нагрузочных устройств, равных $Q_{\text{он}} = 141$ кН, весьма незначительно.

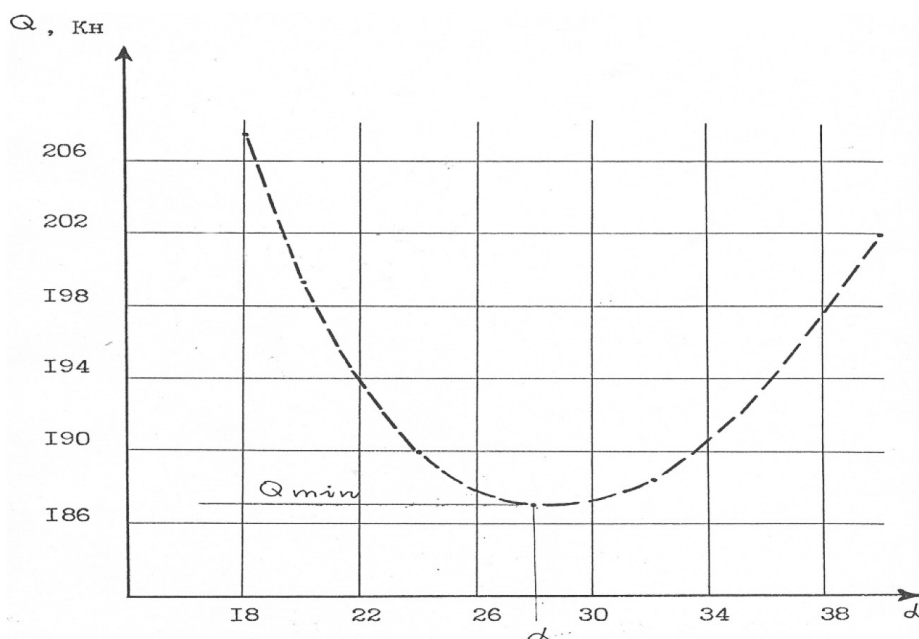


Рис. 2. Отыскание угла α , отвечающего Q_{\min}

В упругой стадии работы балочной изгибаемой плиты с профилированным настилом, подверженной действию крутящего момента, можно использовать положение сопротивления материалов для упругих стержней.

Связь между крутящим моментом H и углом закручивания φ выражается формулой:

$$\varphi = (H \cdot \ell) / (G_b \cdot J_k) \quad (3)$$

где ℓ – длина образца, $\ell = 2,64$ м; $J_k = 2,3875 \cdot 10^{-4}$ м⁴; G_b – модуль сдвига для бетона,

$$G_b = [E_b / (1 + \mu_b)] \cdot 2 = [2,36 \cdot 10^5 / (1 + 0,17) \cdot 2] = 1,008 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$$

Так, при крутящем моменте $H = 5,5$ кН · м угол поворота экспериментальный равен $\varphi = 6,25 \cdot 10^{-3}$ рад.; по формуле (3) следует:

$$\varphi = (5,5 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot 2,64 \text{ м}) / (1,008 \cdot 10^7 \text{ кН} \cdot \text{м/м}^2 \cdot 2,3875 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2) = 6,05 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

Расхождение между опытным и расчетным значениями угла поворота составляет всего 3,2 % от опытного. Отсюда следует, что предложенный подход к расчету и методика вычисления жесткости на кручения для упругой стадии оправданы.

Поскольку, как уже указывалось, кручение является отдельной достаточно сложной проблемой в железобетоне, а в настоящей работе оно имеет вспомогательное значения для построения методики расчета прочности и перемещений плит, работающих в двух направлениях, то можно употребить подход аналогичный изложенному применительно к изгибаемым плитам, т. е. построить аппроксимирующую зависимость « H - φ », основываясь на расчетном – экспериментальном материале.

Будем искать связь между интенсивностью угла закручивания и крутящим моментом в форме

$$H' = D_0 \cdot \varphi' \cdot e^{k(\varphi'/\varphi')^\ell} \quad (4)$$

где D_0 – жесткость на кручение, отвечающая упругой работе, т. е. здесь

$$D_0 = G_b \cdot J_k = 1,008 \cdot 10^7 \text{ кН/м}^2 \cdot 2,3875 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4 = 2,4066 \cdot 10^3 \text{ кН} \cdot \text{м}^2;$$

где φ' – интенсивность угла закручивания при максимально достигнутом крутящем моменте $H' = 8,25$ кН · м; из эксперимента следует

$$\varphi' = \varphi / \ell = 12,185 \cdot 10^{-3} / 2,64 = 4,6155 \cdot 10^{-3} \text{ (рад)} \cdot \text{м},$$

где k и ℓ – параметры, отвечающие физическому смыслу задачи и определяемые из тех же условий, что и в случае изгиба.

Тогда параметры

$$k = \ell n[H' / (D_0 \cdot \varphi')] \quad (5)$$

$$\ell = -k^{-1} = \ell n[H' / (D_0 \cdot \varphi')] \quad (6)$$

При известных исходных данных получим:

$$K = \ell n[(8,25 \text{ кН} \cdot \text{м}) / (2,4066 \cdot 10^3 \text{ кН} \cdot \text{м}^2 \cdot 4,6155 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1})] = -0,29742;$$

$$\ell = -k^{-1} = 3,3622.$$

Из формулы (4) можно записать жесткость на кручение для любого уровня загрузки в виде

$$D = D_0 \cdot \varphi' \cdot e^{\kappa(\varphi'/\varphi')^{\ell}} \quad (7)$$

На рис. 3 и в таблице представлены опытные и расчетные соотношения между крутящими моментами, углами закручивания и жесткостями на кручение.

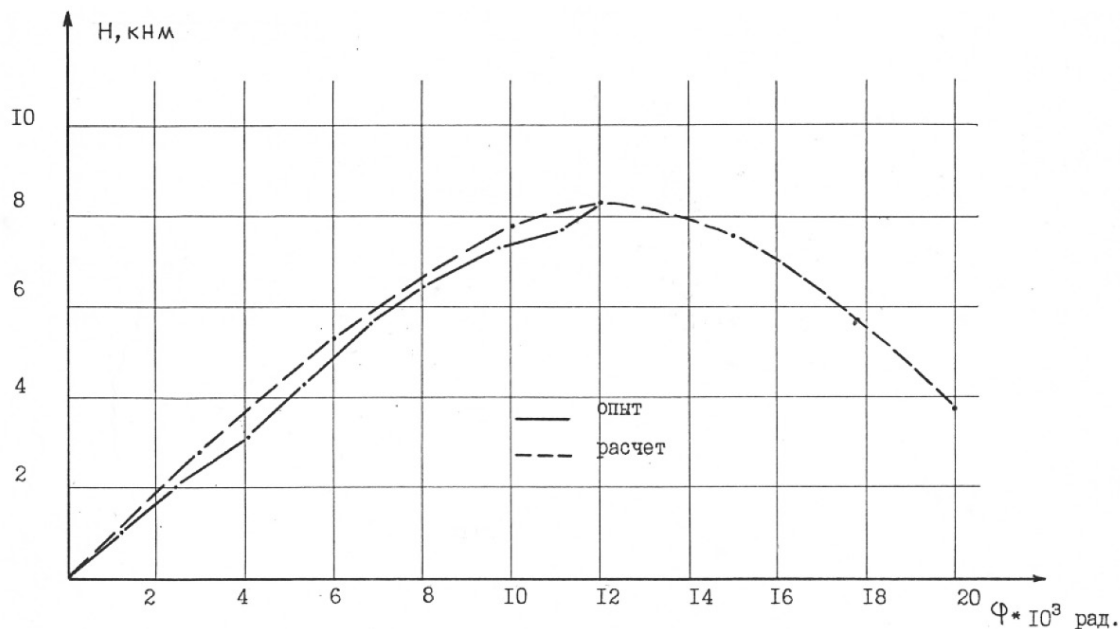


Рис. 3. Аппроксимация « $H - \varphi$ » для балочной изгибаемой плиты с профилированным настилом

Построение « $H - \varphi$ »

№ п/п	кН · м	10^3	кН · м ² , 10^3	кН · м ² , 10^3
1	0,343	0,343	2,64	2,406
2	0,687	0,822	2,20	2,406
3	1,031	1,189	2,28	2,406
4	1,375	1,587	2,28	2,406
5	1,718	1,973	2,29	2,405
6	2,062	2,477	2,19	2,404
7	2,406	2,898	2,19	2,402
8	2,75	3,422	2,12	2,398
9	3,135	4,011	2,06	2,392
10	3,52	4,427	2,09	2,385
11	3,905	4,84	2,13	2,377
12	4,29	5,311	2,13	2,366
13	4,67	5,746	2,14	2,3516
14	5,087	6,294	2,13	2,329

№ п/п	кН · м	10 ³	кН · м ² , 10 ³	кН · м ² , 10 ³
15	5,5	6,799	2,13	2,308
16	5,94	7,403	2,11	2,227
17	6,38	8,077	2,08	2,233
18	6,82	8,821	2,04	2,146
19	7,26	9,697	1,97	2,096
20	7,7	11,221	1,81	1,921
21	8,25	12,185	1,79	1,787

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод что кручение является отдельной достаточно сложной проблемой в железобетоне, а в настоящей работе оно имеет важное значение для построения методики расчета прочности и перемещений плит, работающих в двух направлениях. Можно употребить подход аналогичный изложенному выше применительно к изгибаемым плитам, т. е. построить аппроксимирующую зависимость «Н-φ», основываясь на расчетном – экспериментальном материале.

Литература

1. Додонов М. И., Шериф Х. Расчет составных балок методом сосредоточенных деформаций. Раздел: Строительство и архитектура, сер. 10, вып. 8. М. : ВНИИИС, 1986. С. 9–14.
2. Зултуев А. М., Бактыгулов К. Дискретная расчетная модель для нормальных сечений железобетонных стержней несущих систем многоэтажных зданий // Электронный научно-практический журнал «СИНЕРГИЯ». Воронежский экономика-правовой институт РФ. Воронеж. 2016. № 2(4). С. 63–72.
3. Зултуев А. М., Бактыгулов К., Ордобаев Б. С., Абдыкеева Ш. С., Торокелдиева Ж. М. Совершенствование конструктивного решения монолитных железобетонных перекрытий с использованием стального профилированного настила (Improvement of the Structural Safety of Monolithic Reinforced Concrete Floors with the Use of Steel Profiled Flooring) // Elena G. Popkova Editor. “Growth Poles of the Global Economy: Emergence, Changes and Future Perspectives”. Springer. Volume 1. 2019. P. 3–15.
4. Зултуев А. М., Абдыкеева Ш. С., Ордобаев Б. С. Программа «МСД» для расчета плосконапряженных несущих систем многоэтажных зданий в упругой стадии работы // Республиканский научно-теоретический журнал «Вестник». КРСУ им. Б. Н. Ельцина. Бишкек. Том 18, № 4. 2018. С. 76–79.
5. Ржаницын А. Р. Расчет сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций. Строительная механика и расчет сооружений. 1980. № 5. С.15–20.
6. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. – М. : НИИЖБ, ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1987. 41 с.
7. Max L. Porter. Analysis of Two-Way Acting Composite // Journal of Structural Engineering, ASCE. Vol.111, № 1, Jan. 1985. P. 1–18.
8. Porter M. L., Ekberg. C. E., Jr. Compendium of ISU Research Conducted on Cold-Formed Steel-Deck-Reinforced Slabs Systems. Engineering Research Institute. Iowa State University. Ames. Iowa, USA. Desember. 1978. 80 p.

МНОГОФАКТОРНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ НА СЕВЕРЕ РОССИИ

MULTIFACTORY APPROACH IN EVALUATION OF BUILDING DILAPIDATION IN THE NORTH OF RUSSIA

В статье рассматриваются существующие подходы к оценке физического и морального износа зданий и их конструктивных элементов, проводится анализ статистических данных типов строительных конструкций зданий (деревянные, панельные, блочные, кирпичные, монолитные). По результатам проведенного анализа статистических данных, делается вывод о недостатках применяемых методов оценки морального и физического износа зданий и их конструкций.

В качестве решения выявленной проблемы применяемых методов оценки предложен альтернативный подход, основанный на построении многофакторной математической модели, учитывающей влияние таких факторов как неправильная эксплуатация сооружений, истираемость материалов, агрессивное воздействие атмосферных факторов, динамические и механические воздействия, биологические факторы и других факторов, оказывающих влияние на износ конструкций.

Ключевые слова: износ здания, территории Крайнего Севера России, строительные конструкции, элементы, факторы, срок службы.

The article is concerned with existing approaches to assessing the physical and moral buildings depreciation and their structural elements, statistical data analysis depends on the types of building structures of buildings (wooden, panel, block, brick, monolithic) is carried out. Based on the results of the statistical data analysis, the conclusion is made about the shortcomings of the methods used to assess the moral and physical deterioration of buildings and their structures.

As a solution to the identified problem of the applied assessment methods, alternative approach is proposed based on the construction of a multifactorial mathematical model that takes into account the influence of such factors as improper operation of structures, abrasion of materials, aggressive effects of atmospheric factors, dynamic and mechanical effects, biological factors and other factors that affect for structural dilapidation.

Keywords: building dilapidation, Far North regions, Arctic area of Russian, construction structures, elements, factors, life duration.

Все здания имеют разные характеристики как по прочности, так и по долговечности. Практические сроки службы конструктивных элементов здания весьма условны так как они различны даже для однотипных зданий в разных регионах России. Это в первую очередь связано с различными факторами, которые влияют на износ здания.

Износ здания принято подразделять на физический и моральный [1].

Основные физические характеристики различных материалов под воздействием различных факторов в определенной степени следуют вероятностным (стохастическим) законам распределения. В зависимости от сроков эксплуатации различных строительных конструкций и их элементов изменяются вероятностные характеристики их физических свойств, что совершенно недостаточно учитывается при оценке степени износа.

На сегодняшний день широко применим способ оценки физического износа жилых зданий, включающий понятие физического износа конструкции, элемента, системы инженерного оборудования и здания в целом, под которым понимается утрата первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и др.) в результате

воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека. Расчет доли физического износа ($I_{\text{фз}}$) осуществляется через выражение доли стоимости необходимых ремонтных мероприятий в привязке к коэффициенту удельной доли восстановительной стоимости данных мероприятий в общей цене восстановительных работ всей конструкции, элемента или здания [2].

Так, относительная величина физического износа конструкции определяется по формуле:

$$I_{\text{фз}} = \sum_{i=1}^{i=n} I_{\text{ки}} \cdot l_i,$$

где $I_{\text{фз}}$ – доля физического износа всего здания, %; $I_{\text{ки}}$ – доля физического износа отдельной конструкции, элемента или системы, %; l_i – коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей цене восстановительных работ здания; n – количество конструкций, элементов или систем в здании.

В свою очередь, физический износ конструкции, элемента или системы, имеющих различную степень утраты полезных свойств (износа) отдельных участков, определяют следующим образом:

$$I_{\text{к}} = \sum_{i=1}^{i=n} I_i \cdot \frac{W_i}{W_k}$$

где $I_{\text{к}}$ – доля физического износа отдельной конструкции, элемента или системы, %; I_i – доля физического износа участка конструкции, элемента или системы; W_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, кв. м или м; W_k – размеры всей конструкции, кв. м или м; n – количество поврежденных участков.

Следует отметить, что в данном способе оценки, указанном в [2], физический износ здания определяется на основе укрупненных показателей восстановительной стоимости, то есть полной стоимости затрат, которые должна была бы осуществить организация, если бы она должна была полностью заменить конструкции, элементы, системы инженерного оборудования и здания в целом, на аналогичные новые конструкции, элементы, системы инженерного оборудования и здания по рыночным ценам и тарифам, существующим на дату оценки (переоценки), включая затраты на приобретение (строительство), транспортировку, установку (монтаж) объектов, для импортируемых объектов – также таможенные платежи и т. д. [3, п. 1.6].

Недостатком описанного подхода является зависимость расчетной доли износа от примененных в расчете цен на строительные изделия, материалы и ремонтные работы (в том числе с применением/без применения коэффициентов-дефляторов и иных поправочных индексов).

Применяемый на практике альтернативный способ оценки доли утраты строительным объектом его полезных свойств (доли физического износа), согласно которому оценивается величина возможного ухудшения (степени ухудшения) технических и связанных с ними других эксплуатационных показателей здания (элемента) на конкретный момент времени [4, приложение 1]. Недостаток данного подхода заключается в применении термина «физический износ» в качестве качественного показателя, без использования каких-либо количественных оценок, способных оказать влияние на принятие технических решений [5].

В соответствии с действующими нормативными документами [4, приложение 1], известен также способ оценки морального износа здания (элемента), который характеризуется

степенью несоответствия основных параметров, определяющих условия проживания, объемом и качеством предоставляемых услуг, современным требованиям. Как правило, решения принятые на основе данного способа не влияют на безопасность функционирования здания (или конструкций), однако в отдельных случаях могут сыграть решающую роль при выборе вида ремонта, модернизации и реконструкции объекта (или его части). Моральный износ при оценке зданий определяют путем учета в них основных видов благоустройства (инженерного оборудования), а также высоты помещений, которая влияет на величину объема здания, приходящегося на единицу площади, кроме того учитывают размеры квартир, их планировку, что указывает на степень их соответствия современным требованиям к жилищному фонду. Моральный износ с достаточной точностью можно вычислить в процентах от стоимости здания [2].

Становится очевидным, что в существующих подходах по оценке износа зданий (конструкций) есть ряд допущений, которые могут оказать существенное искажение выходных данных по оценке износа здания (как физического, так и морального), особенно, если эти строения расположены на территории Крайнего Севера России, где существенное влияние оказывает климатический, транспортный, и, как следствие, ресурсный фактор (обеспеченность строительными ресурсами).

Автором статьи был произведен анализ фактического состояния жилого фонда на территории Крайнего Севера России [рис.1] на основании доступных статистических данных о состоянии жилого фонда в Российской Федерации [6].

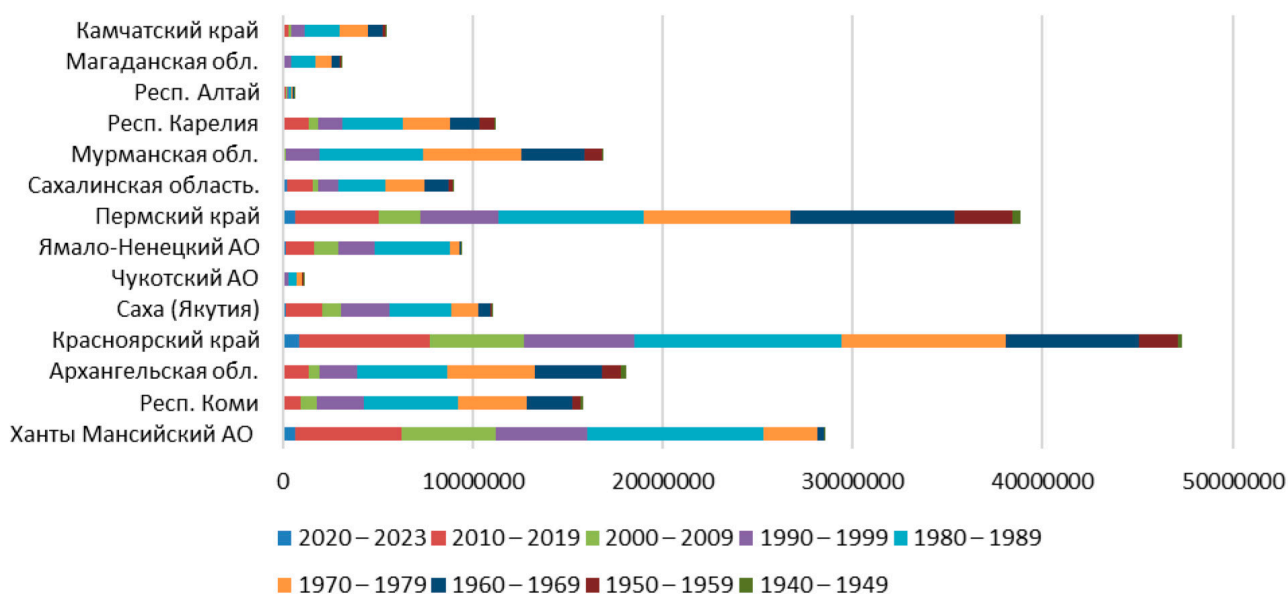


Рис. 1. Статистика по возведению жилых зданий на территории северных регионов России по годам, м² жилой площади (<https://dom.mingkh.ru>)

Согласно полученным данным в результате исследования, становится очевидным, что основная группа возводимых домов (рис. 2) относится к периоду глобальной застройки северных регионов с 1950-х по 1990-е годы.

Согласно проведенному анализу, автором были выделены отдельные населенные пункты, по которым представлена наиболее полная статистика по состоянию жилищного фонда в разных регионах Крайнего Севера (см. табл.).

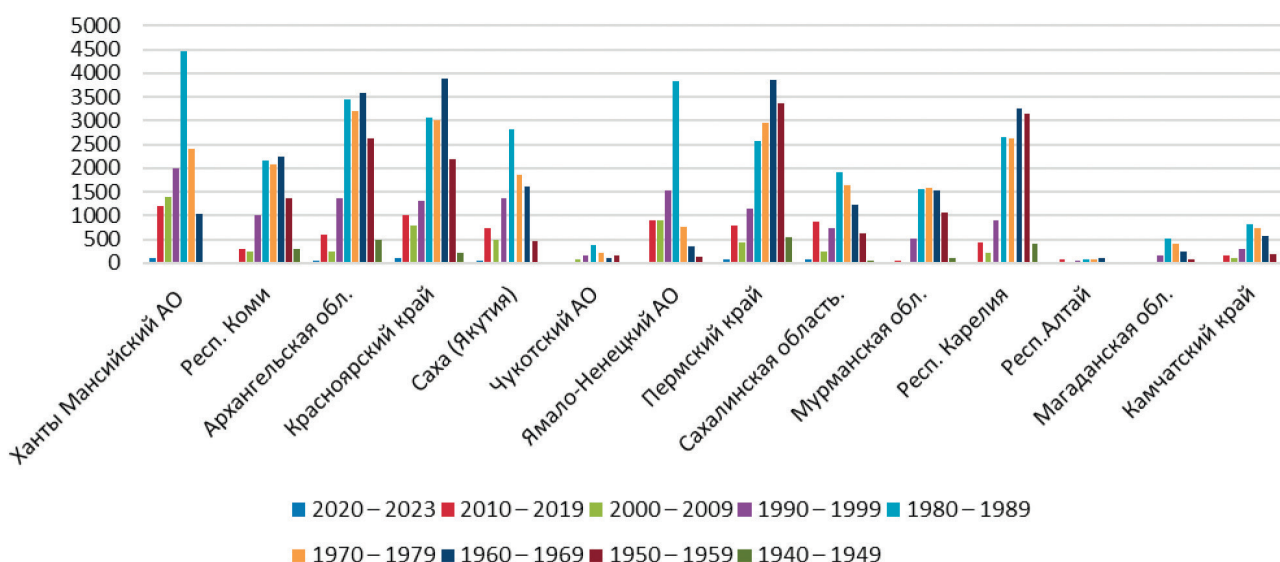


Рис. 2. Статистика по возведению жилых зданий на территории северных регионов России по годам, кол-во домов в шт. (<https://dom.mingkh.ru>)

Статистика аварийного жилья по годам на отдельных территориях Севера России

Год постройки	Красноярский край		Ханты-Мансийский АО (Югры)		Республика Саха (Якутия)		Камчатский край		Чукотский АО	
	Норильск		Сургут		Якутск		Петропавловск-Камчатский		Анадырь	
	Число домов аварийных	Площадь, м2	Число домов аварийных	Площадь, м2	Число домов аварийных	Площадь, м2	Число домов аварийных	Площадь, м2	Число домов аварийных	Площадь, м2
2010 – 2019	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	1	127.4	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
2000 – 2009	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	2	662.7	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
1990 – 1999			4	2888.8	26	14888.22	1	515.3		
1980 – 1989	1	7404.6	58	43992.9	86	61756.32	3	6491.3	3	1454.4
1970 – 1979	11	69343.02	41	18032.2	203	109645.93	2	937.1	3	1150.1
1960 – 1969	1	2614.1	102	47824.23	291	370110.6936	43	60158.2	2	1001.9
1950 – 1959	1	8373.2	2	200.7	52	26717.2	68	50597.4	8	3606.4
1940 – 1949	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	20	5903.1	8	4000.4	нет данных	нет данных
Итого	14	87734.92	207	112938.83	681	589811.5636	125	122699.7	16	7212.8
Доля аварийного жилья, %	1.62	2.4	14.42	1.25	32.12	9.13	8.94	2.87	4.76	1.05

Для оценки охвата территорий, попадающих для анализа, данные по рассматриваемым регионам сведены на карту России (рис. 3).

Согласно проведенному исследованию, были получены следующие данные, а именно: около 70 % зданий, признанными на данный момент аварийными являются деревянные дома, на свайных деревянных фундаментах, с деревянными перекрытиями, этажностью от 2–4 этажей. Остальная часть домов – 30 %, соответственно, включает в себя дома, возведенные по типовым проектам 50-х–90-х годов, а именно: серии 1-464д, 111-142, к-69-5, 1-447, 1-447с, 1-307с. Данные серии домов включают панельные/блочные/кирпичные дома, с железобетонными перекрытиями, свайный железобетонный фундамент, железобетонные фасадные панели, этажностью от 3–9 этажей. Автором произведена оценка состояния жилищного фонда конструкций и инженерных систем зданий в зависимости от их конструктивного типа (по типовым сериям), периода эксплуатации, применяемых материалов. В результате, были получены следующие результаты: максимальному разрушению подвержены фасады (до 97 % физического износа конструкций фасада, для домов, не прошедших капитального ремонта), фундаменты зданий (от 22 % до 80 % физического износа), инженерные системы (от 47 до 80 %); во вторую очередь наибольшему разрушению подвержены перекрытия железобетонные (20–40 % физического износа), внутренние перегородки (кирпичные,

керамзитобетонные, из слоистых железобетонных панелей) – от 20 до 40 % физического износа. Из представленных статистических данных следует, что подавляющее большинство аварийных домов уже должно было быть подвергнуто обрушению, однако дома продолжают стоять и эксплуатироваться населением.



Рис. 3. Карта России с указанием доли аварийного жилья по выбранным городам для анализа (<http://russia-karta.ru/goroda-russia.htm>)

Оценка физического износа конструкций и зданий по существующим подходам и нормам имеет весьма приблизительную оценку фактического состояния строительных конструкций, поскольку основана на стоимостной оценке износа конструкций. Автором статьи предлагается учитывать влияние не только стоимостного, но и иных факторов, позволяющих оценить степень реального физического износа конструкций и здания в целом.

Например, физический износ конструктивных элементов зданий или всего объекта может быть вызван следующими факторами:

- длительная или неправильная эксплуатация сооружений;
- истираемость материалов, использованных в отделке или отдельных конструктивных элементах;
- агрессивное воздействие атмосферных факторов, вызывающих размыв фундамента, коррозию и эрозию стройматериалов, промерзание оснований, боковое давление ветра на конструкции;
- динамические и механические воздействия, приводящие к неравномерной осадке здания;
- биологические факторы: насекомые, бактерии, грибки;
- стихийные бедствия: землетрясения, наводнения, пожары, ураганы и другие;
- ошибки при проектировании/ возведении зданий, которые не возможно оценить, но влияние которых нельзя не учитывать в качестве отдельного фактора (значение необходимо принять методом экспертных оценок).

Следующим этапом исследования автора планируется оценить влияние каждого фактора и их совместное влияние на здание (конструкцию), составить уравнение множественной регрессии вида:

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_kx_k + a + e,$$

где y – зависимая переменная (физический износ здания); $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ – независимые переменные (факторы, оказывающие влияние на физический износ); $a, b_1, b_2, b_3, \dots, b_k$ – параметры модели; e – случайное отклонение наблюдаемой зависимой переменной, вызванное влиянием других факторов.

Таким образом, по результатам проведенного исследования существующих подходов по оценке физического износа зданий можно сделать вывод о том, что существующие подходы и нормы не дают реального представления о состоянии строительных конструкций. В проблематике оценки износа зданий и их элементов необходимо учитывать влияние не только стоимостного, но и иных факторов, позволяющих оценить степень физического износа конструкций и здания в целом.

Литература

1. *Кутуков В. Н.* Реконструкция зданий: Учебник для строительных вузов. М. : Высшая школа, 1981. 263 с.
2. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. М. : Госкомитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, 1988. 72 с.
3. Порядок проведения переоценки основных фондов по состоянию на 1 января 1997 г. утв. Госкомстатом РФ № ВД-1-24/336, Минэкономики РФ, Минфином РФ 18.02.1997, п. 1.6.
4. ВСН 58-88(р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения: М. : Госкомитет по архитектуре и градостроительству при Госстрое СССР, 1990. 32 с.
5. *Осипов С. Н.* Об оценке физического износа элементов технических устройств / С. Н. Осипов, Д. А. Поздняков // Наука и техника, 2015, № 2. С. 23–30.
6. Министерство Жилищного Хозяйства. URL: <https://dom.mingkh.ru> (дата обращения: 20.02.2023).

УДК 692.699.86

Никита Сергеевич Евтюков,
магистрант
Надежда Владимировна Розанцева,
канд. техн. наук, старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nikita_evtukov@mail.ru,
qq_89@list.ru

Nikita Sergeevich Evtukov,
Master's degree student
Nadezhda Vladimirovna Rozantseva,
PhD in Sci. Tech., senior lecturer
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering.)
E-mail: nikita_evtukov@mail.ru,
qq_89@list.ru

РАЗВИТИЕ ИРКУТСКОГО КЛАСТЕРА ГАЗОДОБЫЧИ: ПРОБЛЕМЫ ОСНОВАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF THE IRKUTSK GAS PRODUCTION CLUSTER: PROBLEMS OF FOUNDATIONS AND DESIGN

Развитие добывающего спектра экономики, напрямую связано с обеспечением благополучия Российской Федерации. История месторождения начинается с 1987 года в результате сейсморазведывательных работ на территории Жигаловского и Казачинско-Ленского районов Иркутской области.

По размеру извлекаемых запасов относится к категории уникальных: 1,8 трлн куб. м газа и 65,7 млн тонн газового конденсата (извлекаемые) – в пределах лицензионных участков ПАО «Газпром» (Ковыктинский, Хандинский, Чиканский) [1].

Ковыктинское газоконденсатное месторождение расположено в горно-таежной местности на Лено-Ангарском плато, в верховьях правобережных притоков р. Лены – Орлинги и Чичапты. Климат района влажный с умеренно теплым летом и умеренно холодной малоснежной зимой, характеризуется резкой континентальностью, проявляющейся через низкие зимние и высокие летние температуры. Освоение этого месторождения находится в прямой зависимости от наличия автомобильных подъездных дорог и прокладки трубопроводов.

Ключевые слова: типы грунтов, свайные основания, виды фундаментов, сложность изысканий, проблемы при проектировании и эксплуатации.

The development of the extractive spectrum of the economy is directly related to ensuring the well-being of the Russian Federation. The history of the deposit begins in 1987 as a result of seismic exploration on the territory of Zhigalovsky and Kazachinsko-Lena districts of the Irkutsk region.

In terms of the size of recoverable reserves, it belongs to the category of unique: 1.8 trillion cubic meters of gas and 65.7 million tons of gas condensate (recoverable) – within the license areas of Gazprom PJSC (Kovyktinsky, Khandinsky, Chikansky) [1].

The Kovyktinskoye gas condensate field is located in the mountainous taiga area on the Leno-Angarsk plateau, in the upper reaches of the right-bank tributaries of the Lena River – Orlinga and Chichapty. The climate of the district is humid with moderately warm summers and moderately cold winters with little snow, characterized by a sharp continentality, manifested through low winter and high summer temperatures. The development of this field is directly dependent on the availability of automobile access roads and the laying of pipelines.

Keywords: types of soils, pile foundations, types of foundations, complexity of surveys, problems in design and operation.

Введение. Инженерные изыскания для строительства относятся к виду градостроительной деятельности, осуществляемой с целью изучения природных условий и факторов техногенного воздействия для подготовки данных по обоснованию материалов для архитектурно-строительного проектирования, строительства, эксплуатации, сноса или демонтажа зданий и сооружений.

Геофизические исследования входят в состав инженерно-геологических изысканий и проводятся с целью получения материалов и данных для оценки инженерно-геологических условий.

Инженерные изыскания выделяют в два этапа производства работ.

На первом этапе выполняются инженерные изыскания на объекте для разработки ОТР. На втором этапе по отдельному заданию выполняются инженерные изыскания для подготовки проектной документации.

Работы выполняются в полевой и камеральный период. Геофизические исследования, как составная часть инженерно-геологических изысканий, проводятся геофизическими отрядами.

Камеральные работы выполняются инженерами-геофизиками на местах.

Цель работы: изучить существующие технологии устройства свайных оснований и фундаментов, способы увеличения надежности безсвайных оснований, и на основании проведенных инженерных изысканий определить лучшие способы для производства работ в данных инженерно-геологических и климатических условиях.

Объект исследования: фундаменты Иркутского центра газодобычи.

Речь идет о Ковыктинском месторождения. Месторождение является одним из крупнейших месторождений на Востоке Российской Федерации. При выходе на плановый рубеж добычи это месторождение станет структуроформирующим предприятием по газодобыче для Иркутской области и газопровода «Сила Сибири». Важность и ответственность выполняемых работ колоссальна. От скорейшего введения в эксплуатацию объекта и вывода его на проектные мощности в прямом смысле слова зависит благосостояние целого региона. Однако работа в данном регионе связана с рядом осложняющих факторов: геоморфологических, наличия эрозионно-денудационных и структурно-денудационных рельефов эрозионного цикла, техногенных, геокриологических условий, а также общеклиматических условий. Произведем анализ существующей обстановки по характеру и оказываемому влиянию на производство СМР.

Геоморфологические условия района. В геоморфологическом отношении Ковыктинское ГКМ расположено в горно-таежной местности на Ангаро-Ленском плато, правобережных притоков р. Лены – Орлинги и Чичапты. В пределах исследуемой территории, выделены следующие генетические типы рельефа: эрозионно-денудационный рельеф первого эрозионного цикла; структурно-денудационный рельеф второго эрозионного цикла и эрозионно-аккумулятивный рельеф [2].

Эрозионно-денудационный рельеф первого эрозионного цикла. На Севере, Северо-Западе изучаемой территории рельеф представлен выровненными плоско вытянутыми формами, занимающими наиболее высокое гипсометрическое положение в бассейне рек Орлинга и Чичапты, сохранился он в виде останцев на отложениях ийской свиты, более устойчивых к денудации. В формировании этого типа рельефа эрозионно-денудационные процессы с широко развитым плоскостным смывом, создавшим на отложениях бадарановской свиты увалистые формы с относительным превышением не более 80–100 м.

По своей морфологии – это приподнятая поверхность, тянущаяся вдоль оси Орлингского хребта. В плане она представлена пологоувалистой грядой с уклонами 3–5°. Широко развиты скопления и выходы пластов каменистого материала [2].

Структурно-денудационный рельеф второго эрозионного цикла

На территории изысканий этот рельеф объединяет два вида: возвышенное слоевое плато и придолинный холмистый грядообразный несимметрично вытянутый расчлененный рельеф кустообразного типа. Оба эти рельефа образовались под действием структурно-литологических особенностей рельефообразующего материала. Возвышенное слоевое плато является основным орографическим скелетом территории. Это обширные водораздельные пространства с абсолютными отметками 900–1300 м. Сложено плато однообразными косо-слоистыми известковистыми песчаниками ийской свиты.

Расчлененность плато носит локальный характер. Нередко можно наблюдать скульптурные гряды и денудационные останцы – остатки той или иной ступени. Поверхность плато ровная. Придолинный холмистый кустовидный расчлененный рельеф является связующим между возвышенным слоевым плато и долинным рельефом. Этот тип рельефа широко распространен на всей изысканной территории и имеет абсолютные отметки 700–1100 м.

Характерной особенностью рельефа является наличие наклонных поверхностей – денудационных склонов, осложненных тремя или более структурно-денудационными уступами. Вся область развития холмистого рельефа находится в зоне активного эрозионного расчленения постоянными и временными водотоками. В бассейне р. Орлинги этот рельеф приобретает черты плосковерхового среднегорного, что объясняется широким развитием бронирующих поверхностей [2].

Эрозионно-аккумулятивный (долинный) рельеф. Этот тип рельефа охватывает два вида: рельеф долин с преобладанием водно-аккумулятивных и рельеф долин с преобладанием водно-эрозионных форм. К первому виду относится рельеф долин рек Орлинги и Чичапты. Сложены они в основном песчано-галечниковым и валунно-галечниковым материалом. Эрозионная ступень сложена глинисто-песчаными отложениями илгинской и верхоленской свит, а аккумулятивная ступень – валунно-галечниковым материалом.

Русло блуждает по широкому песчано-галечниковому тальвегу и изобилует низкими островами и косами, образуя большое количество протоков.

Рельеф долины с преобладанием водно-эрозионных форм объединяет генетически сходные участки долин большинства рек изыскиваемой территории. В эту группу входят верхние участки долин рек Орлинга и долины ее притоков. В верхних частях реки нередко не имеют поймы и русло проходит либо по коренным отложениям, либо теряется в мощных глыбовых развалах.

На формирование рельефа долин большое влияние оказало бронирующее действие литологического материала и интенсивная донная и боковая эрозии.

В районе широко развиты структурно-денудационные и эрозионные уступы. Первые представляют собой отпрепарированные выходы горизонтов устойчивых к разрушению пород илгинской, усть-кутской, ийской и криволуцкой свит. Вблизи структурно-денудационных уступов нередко встречаются останцы выветривания, сложенные известняками или доломитами. У основания уступов и крутых склонов наблюдается глыбовые осыпи, а многие водоразделы, в пределах развития отложений бадарановской и криволуцкой свит, zagrożены элювиальными глыбовыми россыпями [2].

Общая климатическая характеристика района работ. Климат района влажный с умеренно теплым летом и умеренно холодной малоснежной зимой, характеризуется резкой континентальностью, проявляющейся через низкие зимние и высокие летние температуры. Среднегодовая температура равна минус 4,2 °С, января минус 26,4 °С, июля 16,8 °С. Абсолютный минимум составляет минус 55,4 °С, абсолютный максимум 37,3 °С. Среднее многолетнее количество осадков составляет 425 мм. Большая их часть выпадает в теплое время года. Преобладающее направление ветра юго-западное. Максимальные скорости ветра достигают в мае 26 м/с (с порывом) и в мае-июне 16 м/с (без порыва).

Согласно районированию по климатическому атласу, территория месторождения находится в умеренной климатической зоне.

Согласно климатическому районированию России для строительства, рассматриваемая территория находится в 1Д климатическом подрайоне, поскольку продолжительность периода со средней суточной температурой меньше либо равной нулю составляет 192 дня (СП 131.13330.2012), т. е. значительно больше полугода.

В зимний период (октябрь-март) над территорией Предбайкалья проходит отрог повышенного атмосферного давления от центральной части азиатского антициклона. Чередование горных хребтов и узких речных долин при высокой повторяемости малооблачной погоды с небольшими скоростями ветра способствует интенсивному выхолаживанию приземного слоя атмосферы, стоку холодного воздуха и его накоплению в пониженных участках территории. В результате зимой формируются мощные приземные инверсии температуры воздуха, препятствующие воздухообмену в пограничном слое атмосферы.

Техногенные условия. Условия производства работ на данных объектах отличаются особой сложностью:

- неблагоприятный период проведения работ (с 10 октября по 10 мая);
- лесистость местности, вследствие чего затруднено прохождение техники необходимой для работы;
- сложные инженерно-геологические условия.

Район работ относится к I дорожно-климатической зоне, по характеру и степени увлажнения к первому, второму и третьему типу местности (СП 34.13330.2012, приложение Б).

По СП 50.13330.2012 зона влажности – 3 (сухая).

По СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» территория изысканий находится в ID климатическом подрайоне [4–6], по сложности разработки.

Вести работы на мерзлых грунтах, оттаивающих и просадочных грунтах очень сложная задача [7]. Лучшим периодом для механизированной разработки и проведения земляных работ считаются зимние и осенне-весенние месяцы, до начала распутицы. Данные грунты подвержены циклическим воздействиям оттаивания и морозных деформаций. Расчет прочностных и деформационных характеристик в процессе сезонных колебаний осложняется дополнительно выбором расчетной модели и применением поправочных коэффициентов, требующих не менее трех расчетных схем. Проводимые испытания как правило, также дают большой разброс получаемых результатов при малой сходимости [8]. Потеря устойчивости грунта может как происходить, так и не происходить при оттаивании, и во многом будет зависеть насколько снежной выдалась предыдущая зима, и как часто по осени происходил переход через ноль. Привязка к наибольшей или наименьшей глубине оттаивания и промерзания только значительно усложняет расчеты, т.к. зависит от ежегодных колебаний температурно-влажностного режима.

Многолетний опыт показывает, что применение типовых конструкций при обустройстве фундаментов и прокладке линейных сооружений на просадочных при оттаивании грунтах, категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ. Последствия такого легкомысленного решения могут быть весьма печальными.

В процессе изучения вопроса, за основу при составлении практической задачи, приняты исследования Ю. К. Зарецкого, который ввел понятие трех зон, образующихся, когда мерзлый грунт, подвергается воздействию внешних сил: выше температуры фазовых переходов; в пластично-мерзлом состоянии и имеющие чист мерзлое состояние [9].

Прокладка трубопровода в зоне мерзлых и оттаивающих грунтов представлена на рис. 1.

Геокриологические условия. Месторождение находится в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород. Мерзлота приурочена к крутым склонам теневых экспозиций – северной, северо-западной и северо-восточной, в меньшей степени восточной и, как исключение к западной. Мерзлота по структуре малольдистая, деградирующая, температура мерзлых толщ близка к 0°.

На изыскиваемой территории многолетнемерзлые и сезонномерзлые грунты в пределах вскрытых скважинами толщ представлены в основном суглинками нельдистыми с включениями крупнообломочного материала, щебенистыми грунтами, а также песчаниками.



Рис. 1. Прокладка трубопровода в зоне мерзлых и сезонно мёрзлых грунтов

Температура мерзлых толщ близка к нулю градусов, на глубине нулевых амплитуд (10 метров) изменяется от минус 0,03 до минус 0,53 °С.

Криогенная текстура в основном массивная и слоистая (тонкие линзы и прослойки льда, мощностью 2–4 мм переслаиваются через 10–20 мм) для глинистых грунтов, а для скальных грунтов пластово-трещинная (ледяные шпильки по трещинам и на контактах литологически различных пород весьма редки).

В районах с переходным типом сезонного оттаивания и сезонного промерзания наблюдается безградиентный вид распределения среднегодовых температур в сезон-номерзлом и сезонноталом слоях. Поэтому здесь теплообмен совершается по типу неустойчивого

равновесия и при изменении внешних условий (удаление снега, вырубка леса и т. д.) происходит резкая смена знака градиента температуры в верхних слоях грунта и, следовательно, формирование или деградация мерзлых толщ.

В связи с распространением островного типа многолетнемерзлых грунтов проектирование зданий и сооружений рекомендуется проводить, исходя из существующих инженерно-геологических условий района изысканий с учетом их сложности и конкретным уровнем ответственности сооружения исходя из соображений экономически целесообразных затрат. Также рекомендуется дополнительное обследование выявленных участков с наличием многолетнемерзлых грунтов.

Сезонное промерзание и оттаивание грунтов. На исследуемой территории преобладает сезонное промерзание талых грунтов.

Сезонное промерзание грунтов начинается с переходом среднесуточных температур через 0°C в сторону отрицательных значений в октябре, глубина промерзания обусловлена литологическим составом грунтов приповерхностного слоя, их предзимней влажностью, режимом снегонакопления. На оголенных, приподнятых поверхностях, откуда снег сдувается ветром, промерзание идет быстрее, в обводненных понижениях – медленнее.

Сезонноталый слой представляет собой верхнюю часть многолетнемерзлых пород, подвергающуюся сезонным преобразованиям. В данном регионе основными факторами, влияющими на формирование сезонноталого слоя, являются: литологический состав и свойства грунтов, мощность торфяного горизонта, растительный покров, дренированность поверхности. Сезонноталый слой образуется на участках распространения многолетнемерзлых грунтов с первой-второй декады июня по сентябрь.

Влияние растительности на формирование сезонноталого слоя чрезвычайно велико. Растительный покров, в особенности мохово-лишайниковый, создает на поверхности грунта дополнительное термическое сопротивление, вследствие чего наибольшие глубины сезонного протаивания грунтов отмечаются на участках с маломощным, маловлажным мохово-лишайниковым слоем или без него, наименьшие глубины – на участках с мощным, сильно увлажненным моховым покровом. Существенное теплоизолирующее воздействие оказывает и слой опада в виде иголок лиственницы.

Специфические грунты. На рассматриваемом участке работ, в соответствии с СП 47.13330.2012 и СП 11–105–97 ч. III, среди специфических грунтов имеют распространение элювиальные, органические и техногенные грунты [10, 11].

К элювиальным грунтам следует относить грунты, образовавшиеся в результате процессов выветривания горных пород на месте их залегания без заметных признаков смещения. В настоящем разделе рассматривается не только элювий, но и элювиированные материнские породы алевrolита. Образование элювиальных грунтов на изыскиваемой территории связано в большей степени с палеоклиматическими условиями минувших геологических эпох и такие отложения могут залегать как с поверхности, так и на разных глубинах под покровом более молодых отложений. Элювий представляет из себя сохранившиеся фрагменты физической коры выветривания на древней поверхности выравнивания. Элювиальные грунты на изыскиваемой территории в большей степени связаны с физическим выветриванием, приводящей к дезинтеграции горных пород. Обломочный материал, образующийся при физическом выветривании, сохраняет минеральный состав материнской породы и значительную прочность благодаря унаследованной структуре. Шурф для исследования основания и склоновое грунтовое наслоение в районе строительства представлены на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Элювиальные грунты на изыскиваемой территории:
 а – шурф (выработка для исследования грунтового основания);
 б – склоновое грунтовое наслоение в районе строительства

Основным требованием устройства оснований и фундаментов является их надежная работоспособность в течение всего периода эксплуатации.

При проектировании оснований и фундаментов учтены:

- факторы и процессы, которые могут происходить в период строительства и эксплуатации;
- прогнозы возможных изменений инженерно-геологических условий площадок строительства и свойств грунтов.

Технические решения по устройству оснований и фундаментов инженерных сооружений принимаются с учетом:

- данных инженерно-геологических изысканий в пятнах застройки;
- данных по сейсмическому микрорайонированию площадок строительства;
- нагрузок, действующих на фундаменты;
- расположения здания относительно планировочного уровня;
- вариантной проработки, позволяющей принять наиболее экономичное решение по фундаментам;
- недопущения предельных значений совместных деформаций основания и сооружения по технологическим или архитектурным требованиям.

В качестве основных технических решений по фундаментам принят свайный тип, а также монолитные железобетонные фундаменты мелкого заложения.

Возможные проблемы при строительстве фундаментов можно выделить в несколько групп:

- погружение свай в водонасыщенных грунтах;
- замена грунта выемки на карьерный;
- устройство монолитных фундаментов на мерзлый грунт, как следствие просадка при растеплении;
- фактическое отличие грунтов от описанных в изысканиях;
- наличие подземных рек.

Основные работы по устройству фундаментов должны приходиться на благоприятный период времени с положительными температурами. При этом работы по устройству фундаментов необходимо выполнять строго в соответствии с требованиями СП45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

Необходимость инженерной защиты определяется в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации. Применяемые повышающие коэффициенты делятся на КС-3 (повышенный) $\gamma_n = 1,20$; КС-2 (нормальный) $\gamma_n = 1,15$; КС-1 (пониженный) $\gamma_n = 1,10$. Основной применяемой технологией является кроме расчетов мониторинг [12].

Мероприятия по защите строительных конструкций и фундаментов от разрушения делятся на первичные (применение бетона необходимой водонепроницаемости, соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований) и вторичные (защита металлоконструкций от коррозии, обмазка битумными мастиками поверхности бетонных и железобетонных конструкций, соприкасающиеся с грунтом, песчаная/монолитная подготовка под монолитными фундаментами) [12, 13].

Применяемые пути решения проблем с учетом производства работ в особых условиях. При наличии грунтовых вод, перед началом монтажа конструкций ростверков, выполняется водопонижение в соответствии с разработанным проектом производства работ. Особо следует обратить внимание на детали:

- не допускается размыв, размягчение, разрыхление или промерзание верхнего слоя грунта основания. Время оставления котлованов и траншей открытыми должно быть предельно сокращено, не допускать замачивания грунтов основания;
- в зимнее время поверхность дна котлована, уплотненного основания следует предохранять от промерзания, а перед устройством фундаментов убирать снег, лед, промерзший разрыхленный грунт;
- методы производства работ не должны допускать ухудшение строительных свойств грунтов основания (повреждение механизмами, промерзание, размыв поверхностными водами и др.);
- основания, нарушенные при производстве работ в результате промерзания, затопления, перебора грунта и т. д. должны быть восстановлены способом, согласованным с проектной/изыскательской организацией;
- обратную засыпку производить непучинистым, непросадочным грунтом, слоями 20–30 см. Уплотнение грунта обратной засыпки вести послойно при оптимальной влажности до коэффициента уплотнения $K_u = 0,95$;
- до начала устройства фундаментов или выполнения замены грунта (подушки) из щебня, произвести освидетельствование грунтов в основании котлована. В случае фактического отличия грунтов от описанных в документации, обратиться к представителям проектной организации для получения рекомендаций по дальнейшему производству работ.

Вывод. Применение стандартных технологий, укрепления грунта и устройства фундаментов при производстве работ на мерзлых, сезонно оттаивающих и просадочных грунтах не приводит к положительным результатам.

Проведенные исследования позволяют в дальнейшем учесть выявленные факторы и избежать в дальнейшем проблемы просадок, разноуплотнения, разоуплотнения, а также страшных последствий в виде прорыва трубопроводов, а грамотное применение местных грунтовых оснований, во многом будет способствовать снижению трудозатрат и сметной стоимости строительства.

Литература

1. Ковыктинское месторождение. Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/projects/kovyktinskoye/>
2. Геологическая карта СССР Ангаро-Ленская серия. Лист 48-N-V Масштаб 1:200000. Объяснительная записка. М., 1978. 64 с.
3. ГОСТ Р 21.101-2020 Система проектной документации для строительства [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293720/4293720404.htm/>
4. СП 34.13330.2012 АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ [[Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095524/>
5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095525/>
6. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095546/>
7. СП25.13330 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573659326/>
8. *Ашпиз Е. С., Вавринюк Т. С.* Расчет деформаций насыпей в районах мерзлоты[[Электронный ресурс] Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/230949943.pdf/>
9. *Зарецкий Ю. К.* Вязкопластичность грунтов и расчеты сооружений. М. : Стройиздат, 1988.
10. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200096789/>
11. СП 11–105–97 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200000255/>
12. СП 116.13330.2012 «СНиП 22–02–2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095540/>
13. СП 498.1325800.2020 Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах/ Требования к инженерной подготовке территории[Электронный ресурс] Режим доступа: <https://k-css.ru/f/sp-498.pdf/>

УДК 658.5:624.05

Никита Михайлович Кропачев,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nik.kropa4ew@yandex.ru

Nikita Mikhailovich Kropachev,
Master's degree student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nik.kropa4ew@yandex.ru

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕПЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ТЭС)

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE CONSTRUCTION OF A THERMAL POWER PLANT (TPP)

В статье проанализированы технологические решения при строительстве промышленных объектов на примере строительства тепловой электростанции. Произведенный анализ позволяет оценить используемые технологии и материалы при строительстве ТЭС.

Ключевые слова: тепловая электростанция, технология, строительство, материалы, генеральный план, управление проектами, планирование строительства, монтаж оборудования, метод производства работ.

The article analyzes technological solutions in the construction of industrial facilities on the example of the construction of a thermal power plant. The analysis carried out makes it possible to evaluate the technologies and materials used in the construction of TPPs.

Keywords: thermal power plant, technology, construction, materials, master plan, project management, construction planning, equipment installation, work method.

Введение. Электрическая энергия играет огромную и значимую роль в современном мире. Спрос на нее не снижается, а наоборот увеличивается по мере развития промышленности и освоения новых территорий. В связи, с чем вопрос об открытии новых, а также ремонте и возведении существующих источников энергии остается и еще долгое время будет оставаться *актуальным*, и поддерживаемым на самых высоких уровнях [1].

Одним из самых распространённых источников энергии является – тепловая электростанция (ТЭС) (рис. 1). Для их строительства выделяются огромные средства, как с государственного бюджета, так и с иностранных и внутренних инвесторов.



Рис. 1. Тепловая электростанция (ТЭС)

Строительство тепловых электростанций отличается высокой степенью индустриализации, жесткими сроками ввода энергоблоков, сосредоточением на одной площадке большого количества организаций (строительных, монтажных, проектных, поставщиков оборудования, конструкций и материалов), высокой динамичностью, характеризующейся постоянным изменением ситуации на строительной площадке. Одновременно с этим совершенствуются и методы строительства тепловых электростанций [1].

Тепловая электростанция состоит из основного и вспомогательного оборудования, размещенного в главном корпусе и отдельно стоящих зданиях, на территории, выделенной под строительство ТЭС, согласно генеральному плану.

В статье проведен анализ технологических решений используемых при строительстве тепловых электростанций, их описание и обоснование выбора.

Материалы и методы. Тепловая электростанция относится к объектам промышленного назначения (опасным производственным объектам), но на первоначальном этапе строительства ничем не отличается от строительства любого другого объекта и начинается с выбора площадки. После того как площадка под строительство выделена, проектный институт разработал и защитил проектную документацию, начинаются строительные работы [2].

Строительно-монтажные работы представлены на схеме.



Строительно-монтажные работы при строительстве ТЭС

Строительство ТЭС начинается с общестроительных работ, и в первую очередь начинаются работы нулевого цикла. Производится выемка грунта до проектной отметки. Затем (как правило) производятся работы по устройству свайного поля.

Для устройства свайного поля применяется 3 типа свай: буронабивные, сваи DSM, железобетонные забивные [2].

Главной особенностью технологии устройства буронабивных свай (рис. 2) является то, что изделие формируется на месте его проектного положения.



Рис. 2. Буронабивные сваи

Как правило, диаметр буронабивных свай колеблется в пределах 880–1200 мм, длина может достигать 35 м. Для их формирования применяют литую бетонную смесь [3].

В зависимости от условий грунта, их устраивают одним из трех способов:

- сухой;
- с применением глинистого раствора;
- с использованием обсадной трубы.

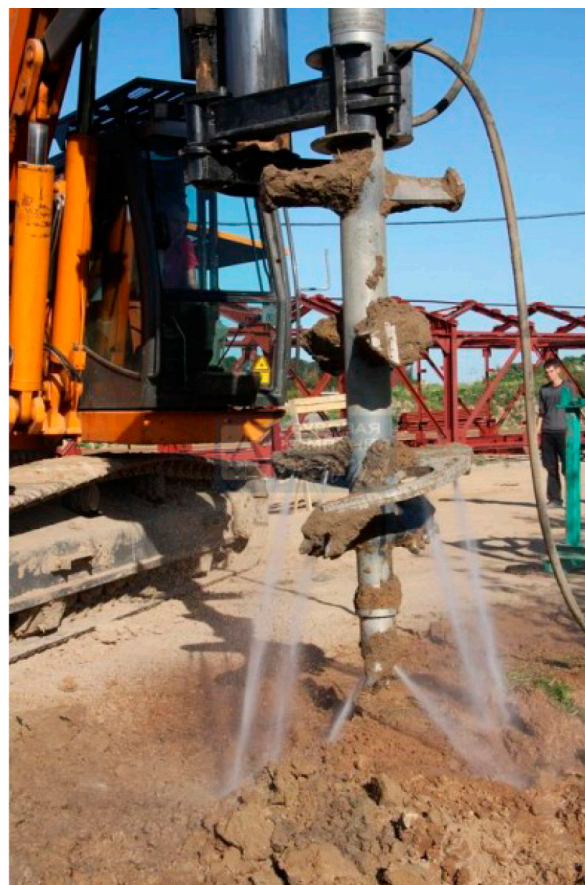
Технология глубинного смешивания грунта (Deep Soil Mixing – DSM) заключается в изготовлении грунтоцементных колонн при помощи специального буросмесительного инструмента (рис. 3, *а*), состоящего из полый штанги и специального рабочего органа. В процессе бурения происходит размельчение и перемешивание грунта с водоцементным раствором или другими химическими реагентами (известь, зола, шлак, бентонит и др.) подаваемыми по полый штанге (рис. 3, *б*).

Железобетонные сваи представляют собой арматурный каркас, который заливается бетоном. Длина готового изделия может составлять от 3 до 12 м (рис. 4).

Железобетонные сваи применяются при организации фундамента по технологии забивания (рис. 5). Их использование позволяет укрепить основание и выйти на прочные геологические слои.



а)



б)

Рис. 3. Буровая установка (*а*) и процесс бурения (*б*)

Визуально они представляют собой основания с круглым (полым или заполненным), квадратным сечением. Геометрически различаются диаметром и высотой. По способу опирания на грунт подразделяются на висячие и сваи стойки. В зависимости от формы сечения и способа опирания изменяется несущая способность и сфера применения. Кроме того, показатели прочности зависят от используемой марки бетона. Чем она выше, тем надежнее элементы [2].



Рис. 4. Готовые железобетонные сваи



Рис. 5. Забивание железобетонных свай

После устройства свайного поля, производится работа по устройству армированного каркаса фундамента (рис. 6)



Рис. 6. Армирование фундамента

После устройства арматурных каркасов производятся фундаментные работы такие установка опалубки, заливка бетоном и уход за ним. Уход за бетоном в разное время года отличается друг от друга.

Завершают работы нулевого цикла устройством подземной части возводимого здания (подвальные помещения) методом монолитного строительства, с устройством плит перекрытия и закладных деталей для возведения надземной части.

Для упрощения монтажа и снижения веса монтируемых конструкций устройство надземной части тепловой электростанции производится путем монтажа готовых легких металлоконструкций таких как:

- балки;
- швеллеры;
- тавры, двутавры;
- уголки;
- трубы;
- металлические фермы.

Основными преимуществами конструкций из металла являются:

- невысокая цена;
- прочность;
- лёгкость;
- транспортабельность;
- резистентность к внешним средам;
- индустриальность;
- длительный срок эксплуатации.

Наиболее распространенным материалом при выборе стен становятся стеновые панели, которые являются наиболее индустриальными и эффективными конструкциями по сравнению со стенами из других материалов (рис. 7). Преобладающее применение панелей по сравнению со стенами из кирпича и крупных блоков объясняется меньшей трудоемкостью возведения стен и уменьшением собственной массы 1 м^3 такой стены в 2–3 раза. Стеновые панели производятся утепленные и неутепленные [4].



Рис. 7. Монтаж стеновых панелей

После возведения стен, следующими работами являются работы по устройству кровли и закрытию теплового контура.

В зависимости от выбранной организационной схемы строительства, параллельно с закрытием теплового контура могут производиться работы по установке технологического оборудования в проектное положение, монтаж дверей, окон и инженерных сетей и другие сопутствующие работы [5].

Результаты. Проведен анализ технологий строительства тепловых электростанции и сделаны следующие выводы:

1. Тепловая электростанция – это опасный производственный объект, к которому в полной мере применим весь технологический комплекс промышленного строительства.

2. Технологии могут отличаться в зависимости от многих факторов таких как: регион строительства, размеры и мощность станции, климатические особенности, вид тепловой электростанции и многие другие.

3. Технологии, используемые при строительстве промышленных объектов, отличаются от технологий гражданского строительства. Преимущественно используются металлоконструкции, ввиду своей невысокой цены, технических характеристик, простоты монтажа.

Литература

1. Гук Ю. Б. Проектирование электрической части станций и подстанций. Л. : Энергоатомиздат, 1985 312 с.
2. Купцов И. П., Иоффе Ю. Р. Проектирование и строительство тепловых электростанции. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 2015. 408 с., ил.
3. Околович М. К. Проектирование электрических станций. М. : Энергоиздат, 1982 400 с.
4. Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / Под ред. В. Я. Гиршфельда. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 1987 328 с.: ил.
5. Справочник строителя тепловых электростанций. М. : Стройиздат, 1969.

УДК 69.051

Евгений Андреевич Пащенко,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: 21100387@edu.spbgasu.ru

Evgeniy Andreevich Pashchenko,
Master's degree student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: 21100387@edu.spbgasu.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

AUTOMATED PROCESSING OF EXECUTIVE DOCUMENTATION

Целью статьи является анализ традиционного способа отражения выполнения работ в журналах исполнительной документации. Исследованы подходы и положительные результаты применения автоматизированной системы строительного контроля на основе программного продукта на примере формирования исполнительной документации. Произведен сравнительный анализ автоматизации некоторых строительных процессов.

Ключевые слова: автоматизация, программный продукт, контроль качества, исполнительная документация, качество строительства, стройконтроль.

The purpose of the article is to analyze the traditional way of reflecting the performance of work in the journals of as-built documentation. The approaches and positive results of using an automated building control system based on a software product have been studied using the example of the formation of as-built documentation. A comparative analysis of the automation of some construction processes has been made.

Keywords: automation, software product, quality control, as-built documentation, construction quality, construction control.

Введение. За последние годы, автоматизация процессов становятся более востребована в большинстве областей промышленности и строительство не исключение. Несмотря на многочисленные исследования и практики применения, доказывающие, что «автоматизируя строительство» значительно повышается эффективность и продуктивность процесса скорость внедрения цифровых решений значительно отстает. Продолжительные темпы внедрения в определенной степени, обусловлены неструктурированным характером строительных процессов и их постоянно меняющейся средой. Автоматизировав даже не значительный ряд задач может значительно оптимизировать функции, которые необходимо систематически выполнять и имеющие периодичность повторяемости. Мониторинг хода строительства и оценка качества являются хорошими примерами задач, которые могут быть автоматизированы. В настоящее время эти задачи обычно решаются несколькими экспертами, которым необходимо визуально осмотреть строительную площадку, в большинстве случаев с помощью измерительных инструментов. К сожалению, это может привести к несоответствиям между последовательными отчетами из-за сильной зависимости от человеческого фактора.

Основная часть. Понятие качества строительства выражается в соответствии зданий и сооружений, и их отдельных частей, выполненных в натуральном выражении, проектными решениями и стандартам. В строительном секторе вопрос, которых в наибольшей степени, определяющей определяет жизнеспособность – это уровень качества [2].

Проверка качества существующих зданий – это задача, которую в настоящее время выполняют специалисты-люди. Как правило, эти проверки состоят из оценки различных элементов здания по мере их возведения, проверки того, находятся ли они в пределах допустимых допусков и соответствуют ли отраслевым стандартам. Как правило, этот процесс осуществляется путем визуального осмотра, фотографирования и использования измерительных инструментов для выявления недостатков для дальнейшего сравнения проектной

документацией или информационной моделью. Полученные данные должны быть проанализированы различными специалистами, такими как инженеры-строители, электрики и механики, в поисках дефектов или некачественных установок.

Качественная работа начинается с выполнения подрядчиками технических условий контракта. Мониторинг прогресса обычно основан на ручном сравнении запланированных и составленных графиков. Однако готовые графики часто не поддерживаются и не обновляются на протяжении всего срока реализации проекта, а генерируются на заключительном этапе. Большинство подходов к мониторингу прогресса, даже если они обновляются в процессе строительства, не учитывают качество достигнутого прогресса, что может помочь предотвратить превращение мелких проблем в более крупные, которые могут привести к переделкам, задержке процесса строительства и даже повлиять на качество конечного продукта. Несоблюдение этих условий сказывается на качестве конечного продукта строительства и может привести к дорогостоящему демонтажу и даже судебным искам.

Для исключения погрешностей, необходима синергия требований проекта и данных о строительном производстве, для их анализа с дальнейшим формированием отчета о качестве. Автоматизируя этот процесс, мы делаем контроль качества более надежным, безотказным и экономичным по времени. Это может быть использовано для проверки некоторых из наиболее распространенных дефектов на строительных площадках, таких как трещины, пустоты в стенах (т.е. отсутствие изоляции или неполная заливка бетона), дефекты отделки поверхности, ошибки выравнивания, ровность, отклонения от наклона и, возможно, многое другое. Оценивая качество прогресса, достигнутого в процессе строительства, сгенерированный отчет будет более точным в соответствии с текущим состоянием строительства и предоставит информацию для своевременных действий по предотвращению дефектов в конечном продукте.

Важным этапом автоматизации процесса контроля качества строительства, является применение прикладного программного продукта, реализующего процесс автоматизации формированием исполнительной документации, системой, позволяющей осуществлять мониторинг и взаимодействие посредством облачного хранилища (система связанных баз данных), находясь в едином цифровом поле всеми участниками.

Классический подход строительного контроля или контроля качества, заключается в сопоставлении фактических параметров строительной продукции с требуемыми, в случае выявления отклонений, осуществление корректирующих мероприятий с целью приведения в соответствие требуемым параметрам. Контролируемые параметры имеют самую разную природу это геометрические, количественные плано-высотные, прочностные показатели. Способы получения информации также различны, с целью систематизации информации, анализа и документирования как первичной, так и вторичной учетной информации применяется общие, специальные и другие журналы работ на бумажном носителе. Журналы регистрации в системе обеспечения качества являются важным системным инструментом для работы с информацией. Они содержат информацию о производстве работ, с указанием осей, этажей, марок основных материалов, сведения о лице выполнявшем или контролирувавшем работу, результаты проверок и устранений. На рис. 1, представлена часть исполнительной документации с периодичностью контроля.

Представленная схема описывает актуальный порядок формирования исполнительной документации, ее состав с периодичностью контроля. Ведение рукописных журналов, ряд особенностей и явных недостатков, несколько из них:

1. В момент работы с журналом предусматривает только одного специалиста.
2. Скорость внесения данных ограничена скоростью письма, заполняющего журнал специалиста.

3. Разборчивость текста напрямую зависит от подчерка заполняющего специалиста.
4. Наличие ошибок и опечаток, рукописном заполнении в виду многочисленных обозначений в номерах линий, таковых номерах оборудования, наименовании участков и т. д.
5. Отсутствие необходимого места для внесения информации, поступившей с задержкой.
6. Журнал подвержен порче в результате механического воздействия, или воздействия влаги.
7. Требуется организация временного и постоянного хранения.
8. Отсутствие прямых связей с иными документами, отсутствует возможность фильтрации информации.
9. Требуется чтение большого объема информации при поиске необходимых сведений.
10. Отсутствует возможность корректировок опечаток.
11. Отсутствует порядок дополнения сведениями в случае упущения.



Рис. 1. Состав (часть) исполнительной документации и периодичность контроля

Сложности, возникающие при актуальных подходах обработки и ведения документов, встречаются повсеместно. Существует высокий риск пропустить нумерацию или присвоить ошибочный номер тому или иному документу, не занести его в реестр, а также приложить к нужному пакету документов, не подписанный исполнителем документ. Кроме того организации с несколькими стройплощадками, требуется обеспечить наличие необходимых экземпляров как у заказчика, так и у контрагентов, а для этого нужно осуществить их перевозку и дальнейшее хранение. Сегодня ведение документации составляются с помощью компьютерных приложений, Excel и Word, несмотря на их электронный формат, необходимо многократно заполнять информацию, повторно [4].

Исследовательская часть. Уровень информации о процессах строительного производства в электронном форме и его автоматизация – несовершенны, ввиду множества различных факторов и нюансов. Однако в настоящее время существует ряд программных продуктов, которые отличаются по определенным критериям и функциональным возможностям.

Сравнительный анализ представлен в таблице. В действительности, результатами применения данных систем предусматривается совершенствование универсальной системы, предназначенной для управления строительными проектами, сочетающей в себе достоинства проанализированных программ и обладающей новыми функциями, необходимыми для повышения эффективности контроля качества строительства и ведения исполнительной документации в электронном виде.

Сравнительный анализ программных продуктов

Критерий	«АЛТИУС – Исполнительная документация» [3]	СКИД[4]	КСИДСтрой [5]	Адепт: Исполнительная документация [6]	HARDROLLER [7]	MStroy [8]
Создание и использование справочников	+	+	+	+	+	+
Законодательно установленные формы печати	+	+	+	+	+	+
Отслеживание сроков подготовки актов	+	+	-	-	-	+
Комментарии к документам	+	+	-	+	-	+
Отслеживание сроков действия сертификатов качества	+	-	+	+	+	+
Импорт из ГРАНД-Сметы	+	-	-	+	-	+
Разделение учетных записей по ролям	+	+	+	+	-	+
Использование электронной цифровой подписи	-	+	-	+	+	+
Связь с BIM-моделью	-	+	-	-	-	+
Наличие графического интерфейса для ввода информации	+	-	-	-	-	+
Отслеживание расчета за выполненные работы	+	-	-	+	-	+
Импорт выполненных объемов работ	+	-	-	+	-	+
Архивирование документации	+	+	+	+	+	+
Отслеживание графика производства работ	-	+	-	-	-	+
Использование видеокамер для осуществления строительного контроля	-	+	-	-	-	+
Наличие мобильной версии	-	+	+	+	-	+

Прикладные программные продукты имеют ряд своих преимуществ, позволяющих облегчить ведение строительного контроля и обработку исполнительной документации в цифровом формате:

1. Увеличение скорости фиксации нарушений, внесения замечаний по проекту и структурировать их инженерами строительного контроля благодаря доступу в программу с любого устройства: планшет, телефон, компьютер.

2. Создание справочников, с данные обо всех участниках строительства, позволяет избежать многократного заполнения повторяющейся информации. При создании актов освидетельствования работ информацию об участниках строительства, строительном объекте и ответственных лицах удобно брать из единого хранилища, а при продолжительной работе с отдельным объектом эти данные заполняются автоматически при создании нового акта. Общий пул документации позволяет исключить материальные затраты на хранение бумажных копий. Структурированная система позволяет оперативно найти нужный документ.

3. Организовать работу всех сотрудников в едином информационном пространстве с облачным хранилищем и специализированным профильным чатом.

4. Оптимизировать рабочее время сотрудников, сократив время на рукописном оформлении замечаний и предписаний благодаря автоматизации этих процессов.

5. Сбор информации об объекте с отдаленных объектов без доступа к сети интернет.

6. Возможность отследить актуальность документов. Участники будут получать уведомления, когда истекает срок действия сертификатов качества или приближается крайний срок подачи документов.

7. Формирование аналитики для руководства на любом этапе

Принципиальная схема взаимодействия представлена на рис. 2.



Рис. 2. Взаимодействие участников строительства, применяющих программные решения

В заключении стоит отметить, что использование современных программных решений позволяет отказаться от последовательной схемы кооперации специалистов, перейдя на параллельное взаимодействие, если работы можно делать одновременно друг с другом, тем самым оперативно решать вопросы, обеспечив строительные проекты качественным

документооборотом при значительном снижении необходимых трудовых, временных и материальных ресурсов.

Литература

1. Дикман Л. Г. Организация строительного производства / Издательство Ассоциации строительных вузов. Москва 2006. С. 515–537.
2. Новикова В. Н. Совершенствование системного подхода к повышению качества строительной продукции в управлении проектами строительства жилых домов // Инженерный вестник Дона, № 4(2016) // ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3921/
3. Цай Т. Н. Организация строительного производства / Издательство Ассоциации строительных вузов. Москва, 1999. С. 387–411.
4. Летчфорд А. Н. Исполнительная документация в строительстве: Справочное пособие / А. Н. Летчфорд, В. А. Шинкевич. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское отделение Общероссийского общественного фонда «Центр качества строительства», 2015. 259 с. Текст: непосредственный.
5. Важная роль интегрированных программ для ведения исполнительной документации на строительном рынке / Г. С. Городнюк, А. Е. Мамаев, В. А. Свинцицкий, А. А. Сердюкова Текст: непосредственный // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2-3. С. 28–32.
6. Voukamp F., Akinci B. Automated processing of construction specifications to support inspection and quality control a Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign / 2007.
7. Глухова Л. Р., Фетисова М. А. Зависимость качества строительной продукции от показателей эффективности работы строительной техники / Фундаментальные исследования. 2017. № 12-1. С. 33–37.
8. Дмитриев А. С., Квитко А. В. Проблемы контроля качества работ в современном строительстве // JSRP. 2015. № 11(31). С. 78–83.
9. ГОСТ Р ИСО 9001-96 Системы качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 17.07.96 № 460 / Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации (ВНИИС). Москва : Издательство стандартов, 1996.
10. СТ-НП СРО ССК-01-2010 Система контроля качества в строительстве 2010-01-25.

УДК 69.003

Светлана Алексеевна Мартынова,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: svetkamartinowa@yandex.ru

Svetlana Alekseevna Martynova,
Master's degree student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: svetkamartinowa@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE CONSTRUCTION OF A LINEAR-EXTENDED FACILITIES IN DIFFICULT NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS

На территории России основными сырьевыми ресурсами являются нефть и газ, с каждым годом потребность в данных природных богатствах возрастает, в связи с чем увеличивается востребованность в строительстве линейно-протяженных объектов, а именно магистральных газотранспортных путей. Строительство магистрального газопровода является очень трудоемким процессом, требующим серьезной организации работ и больших материальных затрат. Важно при организации строительства учитывать расположение линейно-протяженного объекта строительства для достижения оптимального результата с минимальными затратами материальных и трудовых ресурсов. На примере объекта строительства магистральный газопровод «Сила Сибири» выявлены особенности организации строительного процесса и предложено программное обеспечение планирования для линейных строительных объектов с целью повышения темпов организации строительства объектов газовой промышленности в сложных природных условиях и повышения их технико-экономических показателей.

Ключевые слова: магистральный газопровод, организация строительства, природно-климатические условия, линейный объект.

On the territory of Russia, the main raw materials are oil and gas, every year the need for these natural resources is increasing, and therefore the demand for the construction of linear-long objects, namely the main gas transport routes, is increasing. The construction of a main gas pipeline is a very labor-intensive process that requires a serious organization of work and high material costs. When organizing construction, it is important to take into account the location of a linearly extended construction object in order to achieve the optimal result with minimal costs of material and labor resources. On the example of the construction object of the main gas pipeline “Power of Siberia”, the features of the organization of the construction process are revealed and planning software for linear construction objects is proposed in order to increase the pace of organizing the construction of gas industry facilities in difficult natural conditions and improve their technical and economic indicators.

Keywords: main gas pipeline, organization of construction, natural and climatic conditions, linear facility.

Пространственное и экономическое развитие невозможно представить без сети линейных сооружений, в число которых входят стратегические объекты, такие как сети линейных сооружений газотранспортной системы [1].

Нефтегазовая отрасль России на сегодняшний день представляет собой крупнейшую структуру, оказывающую влияние не только в Российской Федерации, но и за ее пределами. Строительство объектов нефтегазового комплекса пользуется высоким спросом, так как нефть, газ и продукты их переработки занимают лидирующие позиции в международной торговле. Вследствие чего данная отрасль постоянно должна совершенствоваться, внедрять новые технологии, оборудование [2].

Например, стратегический национальный проект «Сила Сибири» предусматривает строительство магистрального газопровода длиной более 4 тыс. км, от двух крупных центров газодобычи – Иркутского и Якутского в направлении газового хаба г. Хабаровск [1].

Магистральный газопровод помимо основного сооружения – трубопровода диаметром 1420 мм содержит в своем составе и другие объекты линейной инфраструктуры: компрессорные станции, крановые узлы, узлы приема и запуска очистных устройств, в связи с чем общая проектная длина сооружения составляет около 3200 км. Трасса магистрального газопровода проходит по территории нескольких субъектов России – Якутии и Амурской области [1].

Схема географического расположения магистрального газопровода «Сила Сибири» представлена на рис. 1 [3].



Рис. 1. Освоение газовых ресурсов и формирование газотранспортной системы на востоке России

На всем протяжении трасса магистрального газопровода отличается разнообразными климатическими условиями в связи с влиянием местных физико-географических факторов и рельефа. В основном климат данной местности характеризуется резкой континентальностью, которая проявляется очень низкими температурами зимой и высокими температурами летом.

Температурный режим рассматриваемой территории имеет типичные для континентальных территорий особенности – значительные годовые и суточные амплитуды температуры воздуха и поверхности почвы. Абсолютный минимум температуры изменяется в пределах минус 55 – минус 61 °С. Устойчивые морозы наблюдаются с конца октября до 20–25 марта, продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 0°С изменяется по району в пределах от 162 до 178 дней, заморозки прекращаются в начале июня и начинаются во второй половине августа или в начале сентября. С середины декабря до начала февраля суточные температуры воздуха ниже минус 25°С.

Годовое количество атмосферных осадков в речных долинах составляет 350–466 мм, на водораздельных участках возрастает до 550–600 мм. Максимальные месячные суммы осадков приходятся на июль, минимальные – на март. В период с ноября по март выпадают преимущественно твердые осадки, с июня по август – преимущественно жидкие.

В условиях сурового резко континентального климата характерной особенностью является распространение вечной мерзлоты. Глубокое сезонное промерзание грунтов оказывает влияние на развитие процессов сезонного пучения грунтов [1,2].

Вышеизложенные природно-климатические условия не располагают к привычным условиям строительного процесса, поэтому необходимо учитывать данные условия не только при проведении строительно-монтажных работ, но и при организации строительного процесса.

При осуществлении строительства в районах севера, где препятствующим факторами являются сложные природно-климатические условия, заметно возрастает использование трудовых ресурсов, что приводит к увеличению объемов строительно-монтажных работ и замедлению сроков ввода объекта в эксплуатацию [4].

Кроме того, что магистральный газопровод «Сила Сибири» расположен в сложных природно-климатических условиях, он имеет несколько критериев, которые также неблагоприятно влияют на организацию работ при строительстве:

- территориальная удаленность объекта строительства от населенных пунктов;
- большая протяженность объекта строительства.

Исходя из вышеуказанных характеристик и расположения объекта важно правильно организовать внетрассовые подготовительные работы и основные работы строительства магистрального газопровода.

Совокупность тяжелых условий проживания в сложных природно-климатических условиях и удаленность от населенных пунктов отражается на рабочем персонале. Не всегда население территорий с вечной мерзлотой обладает требуемой квалификацией и специализацией, поэтому набор кадров на местах практически отсутствует [2]. Строительство магистрального газопровода «Сила Сибири» ведется на большой удаленности от населенных пунктов, что приводит к необходимости ввода вахтового метода ведения работ.

В свою очередь вахтовый метод ведения работ и удаленность населенных пунктов от места ведения работ, вызывают необходимость в период проведения подготовки к строительству выполнить работы по устройству временных поселков строителей. Так как работы производятся в сложных условиях временные поселки размещаются на отсыпанных площадках в незатопляемых местах.

Во временных жилых городках, кроме предоставления койко-места, должна быть предусмотрена организация общественного питания, медицинского обслуживания и создана служба безопасности, проложены временные инженерные сети для жизнедеятельности человека.

Ввиду отсутствия маршрутов рейсового транспорта и холодного климата от места проживания персонала к месту работ и обратно предусмотрена ежедневная перевозка работников вахтовыми автобусами.

Следующая особенность организации строительства в условиях вечной мерзлоты – это потребность в площадках для складирования материалов, конструкций и оборудования. Так как объект строительства, а именно магистральный газопровод располагается на протяжении около 800 км, то для организации логистического обеспечения объекта строительства предусматриваются временные базы хранения. На временных базах хранения выполняются работы, связанные с приемом грузов, перевозкой и хранением, до погрузки в автотранспорт для доставки груза до места производства работ.

Временные жилые городки и базы временного хранения располагаются так, чтобы можно было оперативно доставить материально-технические ресурсы и людские ресурсы до места производства работ в кратчайшие сроки.

При доставке грузов и вахтового персонала для строительства магистрального газопровода и объектов входящих в его инфраструктуру, используются автомобильные дороги Иркутской области постоянного и временного (подъездные) времени существования.

Подъездные дороги служат для доставки персонала и груза к площадкам линейной части магистрального газопровода.

Так как объект магистральный газопровод «Сила Сибири» строится в зимний период на участках, где отсутствуют существующие автомобильные дороги, для проезда к временным жилым городкам предусмотрено строительство и содержание в течение нескольких сезонов автозимников.

Дополнительно ко всем комплексам временным жилым городкам и базам временного хранения обустриваются временные грунтовые подъезды. На временных дорогах в местах пересечения пониженных участков, водотоков, предусмотрены временные водопропускные трубы.

В связи со сложными природно-климатическими условиями необходимо согласно [4] при отсутствии защиты лица и органов дыхания работы на открытой территории не должны проводиться при сочетаниях температуры воздуха и скорости ветра, представляющих опасность обморожения через 1 минуту. Должны предусматриваться отапливаемые помещения, где продолжительность однократного перерыва на обогрев не должна быть менее 10 мин.

Низкие температуры делают невозможным использование новых технологий и средств автоматизации, которые требуют большого количества электроэнергии для стабильной работы, а удаленность от вышек сотовой связи не позволяет передавать большие объемы информации. Поэтому предусматриваются дополнительные объекты инфраструктуры – это воздушные линии электропередач, кабельные линии связи, а также монтируются антенно-мачтовые сооружения для устройства связи.

В основном этапе строительства магистрального газопровода сооружения объектов на застраиваемых территориях с вечной мерзлотой порождает развитие новых технологических, экономически эффективных решений по возведению объектов нефтегазовой отрасли [4, 5].

Модульное строительство включает в себя сборку оборудования и систем в модули за пределами контролируемого производственного объекта. После сборки модули доставляются на производственную площадку, где их можно установить и ввести в эксплуатацию. Такой подход имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами строительства, когда большая часть работ выполняется на месте [4]. Для линейно-протяженных объектов, так и магистрального газопровода «Сила Сибири», наиболее эффективным методом строительства считается поточный метод. Строительно-монтажные работы выполняются строительно-монтажной колонной перемещающейся вдоль строящегося объекта.

Согласно статье [6] увеличение технической сложности строительных работ, повышение масштабов строительства и рост производственных связей требуют повышения внимания к организационно-технологической подготовке процесса возведения объектов, особенно к формированию календарных графиков выполнения работ как одной из наиболее существенных составляющих эффективности строительного производства.

Для вышеизложенных целей используется специально разработанное программное обеспечение планирования для линейных строительных объектов. Данное программное обеспечение имеет название TILOS.

В ПО TILOS за основу берутся два показателя – это время и путь, пройденный строительно-монтажным потоком. В отличие от диаграммы Ганта (рис. 2) циклограмма «время-расстояние» (рис.3), разработанная в ПО TILOS, позволяет отобразить процент выполненных работ с местоположением на магистральном газопроводе, а также в ней возможно учесть перемещения бригады, установить задержки, возникшие в связи с получением разрешений на ведение работ, учесть сезонные ограничения и другие особенности строительства именно для линейных объектов.

Очевидное преимущество циклограммы «время-расстояние» в том, что сразу можно видеть расположение строительно-монтажных бригад в определенный момент времени. Также

легко доступны любые показатели, связанные с уровнем производительности бригады, что позволяет решать непростые задачи оптимизации загрузки бригад при различных ограничениях, например в виде особых климатических-условий [8].

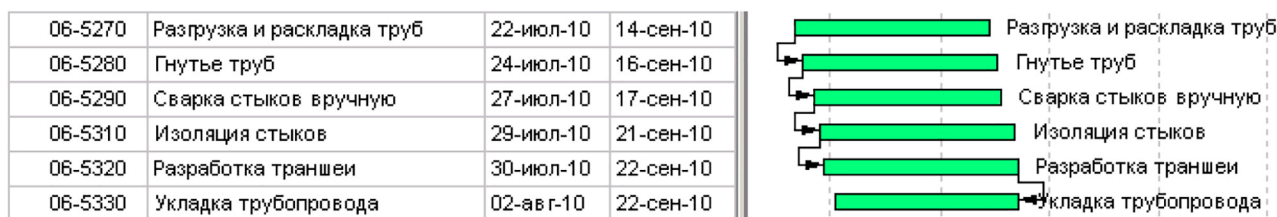


Рис. 2. Диаграмма Ганта

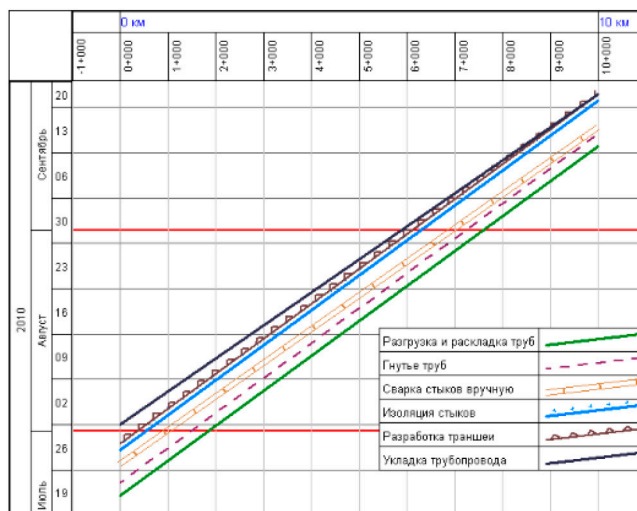


Рис. 3. Циклограмма «время – расстояние»

Таким образом, строительство магистрального газопровода в сложных природно-климатических условиях имеет много сложностей, что затрудняет строительство, а, следовательно, затрудняет исследования данных районов, их освоение и развитие. Выделяются следующие трудности, которые необходимо учесть при организации строительства – это удаленность площадок строительства от населенных пунктов, протяженность объекта на большой территории, сложная логистика для транспортировки материала и оборудования. В связи с чем, необходимо при организации работ применять вахтовый метод работы, использовать модульное строительство, устраивать временные жилые городки и базы хранения оборудования и материала, предусмотреть защиту персонала от холода и проектирование дорог, при планировании использовать современные программные обеспечения, такие как ПО TILOS. Данные особенности направлены на увеличения темпов производства работ и повышения их технико-экономических показателей, а также для предотвращения срыва срока ввода объекта в эксплуатацию в сложных природно-климатических условиях.

Литература

1. Гагина И. С. Кадастровые работы при отводе земель под строительство магистрального газопровода «Сила Сибири» на территории республики Саха (Якутия) / Гагина И. С., Ткачев А. А., Ананьев И. Б. // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 2(68). С. 50–60.
2. Добышева Т. В., Гидасова А. М. Специфика строительства нефтегазовых объектов промышленного назначения // Молодежный вестник ИрГТУ. 2019. Т. 9. № 2. С. 24–28.
3. Газопровод «Сила Сибири». Крупнейшая система транспортировки газа на Востоке России. URL: <https://www.gazprom.ru/projects/power-of-siberia/> (дата обращения: 10.02.2023).

4. МР 2.2.7.2129-06 «Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха, работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях».
5. Бердюгин К. А., Васькин А. А., Коркишко А. Н. Блочно-модульный метод строительства нефтегазовых объектов // Перспективы науки. 2022. № 6(153). С. 61–65.
6. Тухарели В. Д., Тухарели А. В., Очиров Н. Д. Особенности организации строительства объектов нефтегазовой отрасли // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3(50) С. 105
7. Бовтеев С. В. Расчет параметров поточной организации работ методом критического пути // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 90–97.
8. Диаграмма Ганта или циклограмма «время-расстояние»? URL: <http://www.tilos.pro/cases/gantt-chart-or-sequence-diagram-time-distance/> (дата обращения: 17.02.2023).

Содержание

<i>Калугин Ю. Б., Романов Р. С.</i> Особенности оптимизации поточной организации работ с вероятностными временными параметрами6	
<i>Руденко А. А., Ахмед Абдул Руда Ауда Аль-Мсари</i> Методические противоречия в повышении организационно-технологической надежности строительства12	
<i>Кабанов А. В.</i> Совершенствование системы строительных потоков при строительстве и реконструкции железнодорожных сортировочных станций20	
<i>Шамардин А. Б., Шамардин А. Д.</i> Расчет объемов работ на примере 15-этажного девятисекционного жилого дома для разработки проекта поточной организации строительства26	
<i>Ахмадиев У. С., Салимова И. Н.</i> Определение технологических режимов уплотнения конструкций перекрытий с полиэфирным покрытием35	
<i>Басовский Д. А., Востриков О. В.</i> Сезонные особенности ремонта трамвайных путей в Санкт-Петербурге39	
<i>Левченко М. М.</i> Технология изготовления металлических фальцевых кровель и 3D-моделирование46	
<i>Мазур В. А., Киселева В. О.</i> Исследование современного проектирования и устройства полов каре резервуарных парков53	
<i>Розанцева Н. В., Гайнетдинов Р. Т.</i> Организационно-технологические решения устройства вентилируемых фасадов59	
<i>Сайфиддинов С., Ахмадиев У. С., Нурмухаммадхон Сидмаксуд угли Раззақов, Ахмедов П.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния пространственных покрытий при различных монтажных воздействиях70	
<i>Сиденко Д. А.</i> Влияние технологий на долговечность кровель из битумсодержащих рулонных материалов.75	
<i>Суй Вэйхао</i> Расчет и оценка рисков при строительстве объектов на основе инструментария системы нечеткого вывода84	
<i>Жавнерова Л. Г., Ершов В. В.</i> Поточное управление производством на строительной площадке91	
<i>Занадворова А. С., Челнокова В. М.</i> Организационно-технологические особенности строительства линейной части газопроводов100	
<i>Зангиев А. В., Челнокова В. М.</i> Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях105	
<i>Кривых Д. И., Челнокова В. М.</i> Комплексное развитие территории при реализации проектов в Тюменской области109	
<i>Крумина Л. И., Челнокова В. М.</i> Технологическая последовательность ремонтно-реставрационных работ на примере объекта культурного наследия федерального значения «жилой дом» в г. Выборге Ленинградской области114	
<i>Марков Ф. Ф., Нефедова В. К.</i> Комплексное освоение территорий на примере коттеджных поселков: мероприятия по реконструкции территорий усадебной застройки123	

<i>Нурғалина Р. Р., Дано А. Р.</i> Особенности многоэтажного жилого строительства в г. Абиджане	129
<i>Маруфий А. Т., Джусуев У. С., Турдажиева Э. Н.</i> Алгоритм расчета конечной балки на винклеровском упругом основании с учетом неполного контакта с основанием и действия продольных усилий, приложенных в срединной плоскости балки	139
<i>Джабриев А. Н., Наурызбай Базарбай-улы Досымбетов</i> Отличие простых приемов от планирования системы EGEM в производстве строительно-монтажных работ	143
<i>Зулпуев А. М., Абдуллаев У. Д., Казакова К. К., Каныбеков М. З.</i> Расчет несущей способности изгибаемой плиты с профилированным настилом, подвергнутой кручению	151
<i>Куренкова О. Е.</i> Многофакторный подход в оценке физического износа зданий на севере России	157
<i>Евтюков Н. С., Розанцева Н. В.</i> Развитие иркутского кластера газодобычи: проблемы оснований и проектирования.	163
<i>Кропачев Н. М.</i> Анализ технологических решений при строительстве тепловой электростанции (ТЭС).	172
<i>Пащенко Е. А.</i> Автоматизированная обработка исполнительной документации	179
<i>Мартынова С. А.</i> Особенности организации строительства линейно-протяженных объектов в сложных природно-климатических условиях	185

Научное издание

**ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА
ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**II Международная научно-практическая конференция,
посвященная 100-летию со дня рождения
профессора Виктора Алексеевича АФАНАСЬЕВА**

21–22 февраля 2023 г.

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 20.03.2023. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 22,5. Тираж 300 экз. Заказ 55. «С» 31.

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

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ