

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

(наименование)

08.03.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленное и гражданское строительство

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Цех предприятия по выпуску деревянных изделий в  
металлических конструкциях

Обучающийся

Р.А. Насыбуллин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. эконом. наук, доцент Т.А. Журавлева

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. пед. наук, А.В. Юрьев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. пед. наук, доцент Е.М. Третьякова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. эконом. наук, доцент А.Е. Бугаев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

доктор тех. наук С.Н. Шульженко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. техн. наук, А.Б. Стешенко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2024

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа (далее – ВКР) на тему: «Цех предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях» состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка оформлена на стандартных листах формата А4 и включает 129 стр., 4 рис., 20 табл., 107 источников литературы, 6 приложения. Графическая часть представлена 8 листами формата А1.

Целью ВКР является проектирование одноэтажного промышленного цеха по изготовлению деревянных изделий в металлоконструкциях в г. Москва.

В процессе выполнения ВКР были рассмотрены и проанализированы исходные данные для строительства объекта. Представлены архитектурно-строительные предложения по строительству, рассмотрены основные конструктивные решения проектируемого здания цеха.

Также были рассчитаны основные технологические конструкции возводимого объекта. Детально были рассчитаны ребристая панель покрытия, стропильная ферма и фундаменты. Данные расчеты показали, что предложенные конструкции обеспечивают необходимую стойкость к имеющимся временным и постоянным нагрузкам.

Были разработаны мероприятия по технологии и организации строительства, безопасным условиям труда и охране окружающей среды. Детально разработаны стройгенплан, календарный график строительства и технологическая карта на монтаж элементов сборного железобетонного каркаса. Данные мероприятия отвечают современным требованиям к производству строительно-монтажных работ.

В завершении ВКР были произведены экономические расчеты строительства, составлены объектная и локальная сметы, выполнен сводный сметный расчет и определены основные технико-экономические показатели строительства объекта.

## Содержание

Введение.....	6
1 Архитектурно-планировочный раздел.....	10
1.1 Исходные данные.....	10
1.2 Планировочная организация земельного участка.....	12
1.3 Объемно-планировочное решение здания.....	14
1.4 Конструктивное решение.....	17
1.4.1 Фундаменты.....	17
1.4.2 Фундаментные балки.....	18
1.4.3 Колонны.....	18
1.4.4 Подкрановые балки.....	19
1.4.5 Стропильные фермы.....	20
1.4.6 Плиты покрытия.....	20
1.4.7 Вертикальные связи.....	21
1.4.8 Горизонтальные связи.....	21
1.4.9 Наружные стены.....	21
1.4.10 Остекление.....	22
1.4.11 Кровля.....	22
1.4.12 Полы.....	22
1.4.13 Двери и ворота.....	23
1.5 Мероприятия по пожарной безопасности.....	24
1.6 Инженерное оборудование.....	25
1.7 Архитектурно-художественное решение здания.....	26
1.8 Теплотехнический расчет покрытия.....	26
1.9 Теплотехнический расчет стены.....	28
2 Расчетно-конструктивный раздел.....	30
2.1 Выбор типа панели покрытия.....	30
2.2 Расчет панели в стадии эксплуатации.....	31
2.3 Расчет панели в стадии изготовления, транспортировки и монтажа....	50
3 Технология строительства.....	55
3.1 Общая часть.....	55
3.1.1 Выбор основных методов производства работ.....	57

3.1.2	Организация труда рабочих .....	58
3.1.3	Обеспечение качества строительно-монтажных работ.....	59
3.2	Технологическая карта на монтаж элементов сборного железобетонного каркаса.....	61
3.2.1	Область применения .....	61
3.2.2	Определение объемов монтажных работ .....	62
3.2.3	Контроль качества по монтажу железобетонных конструкций.....	62
4	Организация строительства.....	65
4.1	Разработка календарного плана.....	65
4.1.1	Проектирование календарного плана и определение трудоемкости работ .....	65
4.1.2	Выбор методов производства работ.....	69
4.1.2.1	Выбор методов монтажа.....	69
4.1.2.2	Указание по подготовке объекта.....	70
4.1.2.3	Земляные работы.....	71
4.1.2.4	Устройство фундамента стаканного типа .....	72
4.1.2.5	Монтаж колонн.....	74
4.1.2.6	Монтаж подкрановых балок .....	75
4.1.2.7	Монтаж фермы и плиты .....	75
4.1.2.8	Устройство ворот .....	76
4.1.2.9	Устройство бетонного пола .....	77
4.1.2.10	Устройство кровли.....	78
4.1.2.11	Контроль качества.....	79
4.2	Стройгенплан.....	79
4.2.1	Выбор монтажного крана по техническим параметрам.....	80
4.2.2	Выбор транспортных средств .....	86
4.2.3	Выбор монтажных приспособлений .....	90
4.2.4	Расчет площади складов.....	91
4.2.6	Электроснабжение .....	93
4.2.7	Расчет количества прожекторов .....	95
4.2.8	Временные здания и сооружения .....	95
5	Экономика строительства.....	98
5.1	Вводная часть .....	98

5.2 Локальная смета .....	100
5.3 Объектная смета .....	100
5.4 Сводный сметный расчет .....	101
5.5 Техничко-экономические показатели проекта.....	102
6 Безопасность и экологичность объекта.....	103
6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-технологическая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	103
6.2 Идентификация профессиональных рисков.....	104
6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	104
6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	105
6.4.1 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта .....	106
6.4.2 Организационные мероприятия по предотвращению пожара. ....	107
6.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	108
6.5.1 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым техническим объектом.....	108
6.6 Выводы .....	111
Заключение.....	112
Список используемых источников и литературы .....	115
Приложение А План полов.....	121
Приложение Б_Письмо Минстроя «Индексы к сметно-нормативной базе 2001г» .....	122
Приложение В Локальная смета .....	123
Приложение Г_Объектная смета .....	127
Приложение Д_Сводный сметный расчет .....	128
Приложение Е Техничко-экономические показатели объекта.....	129

## Введение

«XXI век в Российской Федерации обозначился активным подъёмом строительной отрасли. Расширяется приём студентов в архитектурно-строительные вузы» [8].

«В крупных, средних и малых городах все кварталы и микрорайоны отмечены строительством новых зданий, реконструкцией ранее возведённых жилых домов, общественных, производственных, транспортных объектов. Сама архитектура новостроек, элементы благоустройства и инженерного оборудования городских территорий начинают приобретать новые черты» [8].

«Слишком долго ведущая роль архитектуры лишь декларировалась государственными и общественными организациями, а на деле подменялась инженерными типовыми решениями. Именно архитектура должна выступать сегодня, с одной стороны, в роли заказчика новых технологий и новых материалов, а с другой стороны – в роли создателя рынка недвижимости, формируя запросы и предпочтения покупателей жилья, объектов торговли, бытового и культурного обслуживания» [8].

Во второй половине XX века «для архитектурного творчества характерна устойчиво развивавшаяся тенденция к упрощению, примитивизации и деградации архитектурной среды городов и сельских населённых мест. Это положение в целом отвечало объективной реальности, несмотря на отдельные исключительные явления» [8].

«В современном понимании архитектура – это искусство проектировать и строить здания, сооружения и их комплексы. Она организует все жизненные процессы. По своему эмоциональному воздействию архитектура - одно из самых значительных и древних искусств. Сила ее художественных образов постоянно влияет на человека, ведь вся его жизнь проходит в окружении архитектуры. Вместе с тем, создание производственной архитектуры требует значительных затрат общественного труда и времени. Поэтому в круг требований, предъявляемых к архитектуре наряду с функциональной

целесообразностью, удобством и красотой входят требования технической целесообразности и экономичности» [8, 10].

«Кроме рациональной планировки помещений, соответствующим тем или иным функциональным процессам удобство всех зданий обеспечивается правильным распределением лестниц, лифтов, размещением оборудования и инженерных устройств (санитарные приборы, отопление, вентиляция). Таким образом, форма здания во многом определяется функциональной закономерностью, но вместе с тем она строится по законам красоты» [10].

К таким объектам относится предлагаемый проект одноэтажного промышленного цеха по изготовлению деревянных изделий в металлоконструкциях [6].

«Функциональное назначение здания – проведение технологического изготовления различных деревянных изделий в металлоконструкциях (сборка деревянных изделий и металлоконструкций различного назначения, ремонт, покраска, дефектовка, антикоррозийная обработка)» [3, 4].

«Проектируемое здание – одноэтажное, оборудованное двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т» [5].

«Архитектурно-планировочное решение генерального плана принято в соответствии со схемой технологического процесса, предусматривающего одностороннее движение автомобилей (транспорта) по территории предприятия (кольцевая схема)» [3, 4].

«Планировка территории увязана с размещением автомобильной дороги» [4].

«Здание цеха предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях запроектировано как типовое с максимальным использованием унифицированных конструкций, что снижает общую стоимость постройки» [7, 10].

«Промышленное здание цеха предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях объемом 90 тыс. м<sup>3</sup> продукции. На территории расположены объекты непосредственно производства и

административно-бытовой корпус. Все строения обнесены забором, но имеют различные конструктивные решения. Так здание основного производства проектируется из металлических конструкций, а административно-бытовые помещения из железобетонных конструкций» [7].

«Для противопожарной безопасности предусмотрены такие пределы огнестойкости строительных конструкций, которые обеспечивают необходимую степень огнестойкости зданий и сооружений» [86].

«Все помещения с различными категориями производств и склады разделены противопожарными стенами и перегородками. Производственное здание имеет 2 эвакуационных выхода. Пролеты здания оснащены мостовыми кранами» [86].

«Актуальность строительства таких объектов обуславливается увеличивающимся спросом на деревянные конструкции, экономией строительных материалов, снижением материалоемкости и трудоемкости возведения здания» [7].

Целью ВКР является проектирование одноэтажного промышленного цеха по изготовлению деревянных изделий в металлоконструкциях в г. Москва.

Для достижения поставленной цели в ВКР необходимо решить следующие задачи [9]:

- рассмотреть и проанализировать исходные данные для строительства объекта;
- представить архитектурно-строительные предложения строительства;
- рассчитать основные технологические конструкции возводимого объекта;
- разработать мероприятия по технологии и организации строительства, безопасным условиям труда и охране окружающей среды;
- произвести экономические расчеты строительства, составить объектную и локальную сметы строительства [11].

Основной задачей выпускной работы является проектирование цеха, которое отвечает всем требованиям к безопасной и комфортной работе людей и по итогу выпускает качественные и экологически безопасные деревянные изделия в металлических конструкциях [12].

Все предложенные технологические и технические решения по строительству объекта должны отвечать действующим нормативно-правовым актам и нормам строительства. Объект должен быть безопасным в процессе своей эксплуатации как для работников и клиентов, так и для окружающей среды. Все эти моменты необходимо учесть при планировании строительства цеха предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях [27].

Практическая значимость выполнения ВКР может заключаться в возможности применения проекта или его части для реального строительства производственного объекта [13].

# 1 Архитектурно-планировочный раздел

## 1.1 Исходные данные

Целью этого объекта является производство и доработка продукции на основе дерева и металла, что охватывает широкий спектр процессов. Работы по проектированию и сборке этих материалов для разнообразных целей, ремонтные вмешательства, аппликация защитных и декоративных слоёв краски и лака, анализы на предмет выявления недочётов, а также меры по предотвращению окислительного разрушения металла входят в перечень таких задач [28].

Промышленный комплекс, занимающийся обработкой древесины и металла, включает в себя множество операций: от очистки материалов до проведения контрольных и диагностических работ, применения соединительных и регулирующих деталей. Ключевые процессы также включают сварочные работы, механическую обработку и различные технологические операции по созданию деревянных деталей, которые предназначены для включения в состав металлоконструкций [14].

Процесс производства организован согласно принципам прямогокодового метода, который отличается высокой степенью эффективности благодаря последовательному размещению рабочих и поддерживающих станций [29]. В этой модели минимизируются перемещения, облегчая транспортировку габаритных компонентов, таких как каркасы и шасси, по прямой линии, которая определяет направление работы подъемного и транспортного оборудования, включая мостовые краны, следуя непосредственно пути их функционирования [15].

Здание «оборудовано двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т» [10].

Проектная концепция разработана с целью строительства здания в столице России, Москве. Погодные условия, включая температуру и

влажность, были учтены в соответствии с государственным стандартом, обозначенным как [58], и демонстрируются в таблицах 1 и 2 [16].

Таблица 1 – Климатические параметры холодного периода года

Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98	-34°C
Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92	-29°C
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98	-29°C
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	-26°C
Температура воздуха обеспеченностью 0,94	-13°C
Абсолютная минимальная температура воздуха	-43°C
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца	6,0°C
Продолжительность, с, периода со среднесуточной температурой воздуха $\leq 0^\circ\text{C}$	135 с
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 0^\circ\text{C}$	-5,3°C
Продолжительность, с, периода со среднесуточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$	204 с.
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$	-2,2°C
Продолжительность, с, периода со среднесуточной температурой воздуха $\leq 10^\circ\text{C}$	222 су
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 10^\circ\text{C}$	-1,3°C
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца	84%
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца	80%
Количество осадков за ноябрь-март	235 мм
Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	3
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	2,0 м/с
Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$	1,8 м/с

Таблица 2 – Климатические параметры теплого периода года

Барометрическое давление	997 гПа
Температура воздуха обеспеченностью 0,95	23°C
Температура воздуха обеспеченностью 0,98	26°C
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца	23,5°C
Абсолютная максимальная температура воздуха	38°C
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца	9,6°C
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца	73%
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца	60%
Количество осадков за апрель-октябрь	465 мм
Суточный максимум осадков	63 мм
Преобладающее направление ветра за июнь-август	3
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	0,0 м/с

Подверженность оползням слабая. Район не лавиноопасный.

Селеопасные места отсутствуют [17].

Рельеф местности спокойный.

На участке залегают грунты [60]:

- «почвенно-растительный – 0,15 м» [60];
- «пески пылеватые» [60];
- «супесь, служащая основанием под фундаменты» [60];

– «пески мелкие» [60].

– «глина» [60].

«Грунты являются непучинистыми» [60].

«Нормативная глубина промерзания – 1,7 м» [60].

«Уровень грунтовых вод – на отметке 151,5» [60].

«За условную отметку 0,000 принят уровень чистого пола, соответствующей абсолютной отметке 159,65» [60].

## **1.2 Планировочная организация земельного участка**

Генеральный план объекта составлен с применением технологической карты, гарантирующей однонаправленное движение транспортных средств в рамках территории завода (циклический метод) [18].

Проектирование территориального развития включает организацию автотрафика, ключевым элементом которого является создание дорожной сети [31]. Главную роль в подключении производственного объекта к транспортной инфраструктуре города играет основная магистраль. Следуя регулятивным документам и стандартам управления дорожным движением, доступ к зданию предполагает установленный приоритет в пользу облегчения выезда в сравнении с въездом [32]. В рамках этой системы на маршрутах подъезда и отъезда функционируют стационарные контрольно-пропускные пункты.

С учетом необходимости вентиляции участка и обеспечения циркуляции воздуха в зданиях, планировка производственного объекта ориентирована по направлению господствующих ветров, что обеспечивает естественную аэрацию, направленную по диагонали здания [19].

Согласно данным, отображенным в источнике [3], в цехах по обработке дерева и изготовлению деревянных изделий, включающих в себя использование металлических элементов, наличие солнечного освещения не считается необходимым условием [33]. Таким образом, аспекты, касающиеся проектирования световых отверстий, их расположения, а также ориентация

самого здания не подлежат детальной разработке в контексте обеспечения доступом дневного света [20].

Расположенный между основной городской артерией и промышленной зоной, административно-бытовой комплекс идеально интегрирован в существующую инфраструктуру [34]. Вдоль дороги, обеспечивающей доступ к различным частям города, организована парковка с достаточным количеством мест. Пространственное деление территории обеспечивается за счет использования зеленых насаждений, которые выступают естественной границей, разделяя транспортные и пешеходные зоны, а также отделяя рабочие помещения от административных. Создание зоны отдыха с мощеной тротуарной плиткой соответствует современным требованиям к оформлению общественных мест [21].

На площадке для хранения древесины и металлоконструкций внедрена систематика размещения в два ряда с доступом к концевой части [35]. Параметры пространства под парковку автотранспорта сконструированы с учетом уникальных нормативов объема размещения данных категорий материалов и конструктивных элементов, основываясь на академических предписаниях [36]. В процессе планирования принимались во внимание критерии минимального промежутка в 0,7 м между объектами и требования к возможностям маневрирования, преимущественно для грузового транспорта, в границах данной зоны [22].

Парковочная зона, расположенная в непосредственной близости к входу в предприятие и рядом с административным корпусом с включенными в «него служебными помещениями, выделена для размещения личного транспорта работников» [10].

«При выезде установлена топливно-заправочная колонка и операторная» [10].

«В генеральном проекте предусмотрено создание автоматизированного оборудования для автоцентра, строительство хранилищ для металлических изделий, крепежных элементов, древесины, деталей для оборудования и

машин, промышленных отходов и других материалов, а также установка электроподстанции» [7].

«Система дренажа поверхностных вод с участка зданий включает перенаправление этих вод в дренажные канавы, находящиеся у обочин автодорог, с последующим их сбросом в ливневую канализацию» [55, 61].

Согласно установленным правилам [3], промышленные сточные воды перед их выпуском в городскую канализационную систему обязаны пройти процесс очистки на соответствующем очистном сооружении. Это сооружение размещается на определенном расстоянии от производственного здания, точнее в 24 метрах от его внешних стен, что удовлетворяет минимально допустимому расстоянию в 6 метров, предусмотренному регламентом [37,38].

Между «промышленным предприятием и городскими жилыми массивами учреждена санитарно-защитная зона, озелененная многоярусной посадкой деревьев» [55, 61].

### **1.3 Объемно-планировочное решение здания**

«Проектируемое здание – одноэтажное, оборудованное двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т» [10].

«Конструктивная система здания – каркасная с полным железобетонным каркасом» [55].

«Структурная организация является рамной структурой с поперечными балками, формируемыми опорами» [61], укрепленными на основании, и кровельными фермами, что опираются на эти столбы при помощи шарниров.

Параллельно основной конструкции рамы размещены подкрановые пути, а роль кровельного элемента выполняет жесткая кольцевая конструкция, укрепленная металлическими элементами, функционирующими для эффективного распределения нагрузок от тормозящих кранов и воздействия ветра [39,40].

«Жесткий диск образует пластины фиксации, свариваемые к кровельному каркасу минимум в трех точках, с последующим бетонированием марки В15 на мелкозернистой основе для интеграции соединений» [55, 61].

«В поперечном направлении жесткость обеспечена поперечными рамами» [55].

«Интервал между крайними и центральными опорами, равный 12 метрам, позволяет совмещать их с расположением стропильных ферм в кровельной системе» [61]. Это обеспечивает стабильность крыши без необходимости добавления дополнительных поддержек [41,42]. При общей ширине конструкции в 24 метра, на её краях размещены фахверковые стойки из металла, которые выполняют функцию основы для крепления стеновых элементов. «Эти опоры распределены с шагом в 6 метров, способствуя равномерному распределению нагрузки и обеспечению прочности здания» [55].

«Высота пролета – 10,8 м (до низа стропильных ферм)» [61].

«Габаритные размеры согласно [1] приняты равными 48×72 м, исходя из следующих соображений» [61]:

А. «Максимально необходимая ширина пролета здания L:

$$L = h_1 + h_2 + l_1 \quad (1)$$

где  $h_1$  – длина транспортного автомобиля, м;

$h_2$  – расстояние от автомобиля до противоположной опоры, определённое в метрах согласно нормам технологического проектирования, которое составляет  $(1,5 \dots 2,0) h_1$ ;

$l_1 = 1,0 \dots 1,2$  м – расстояние от колонны здания до автомобиля, м» [61].

$$L = 9 + 13,5 + 1 = 23,5 \text{ м}$$

«Согласно необходимому количеству и площади помещений принимаем два пролета шириной 24 м каждый» [61].

Основываясь на длине линии производства, проектированной для последовательного выполнения технологических операций с возможностью установки и разборки, учитывая расположение разнообразных производственных отделений и рабочих ареалов по прямой (в соответствии с линейной моделью размещения производственных процессов), определяем общую длину помещения как 72 метра [43,44].

«Здание – бесфонарное. Естественное освещение – боковое через ленточное остекление» [55].

«Основополагающей составляющей производственного процесса являются специализированные участки для обработки, изготовления и ремонта изделий» [61] из дерева и металла.

В промышленных зонах, активно занимающихся обрабатывающим производством металлов [45] и древесины, созданы рабочие пространства, оснащенные широким спектром специализированного оборудования. Это включает в себя арсенал станков, разнообразные инструменты для выполнения слесарных и сварочных операций, аппаратуру для точных измерений, оборудование для корректировки формы деталей, а также другие механизмы [46]. Для удобного хранения инструментария и обеспечения необходимого уровня освещения предусмотрены специальные приспособления и устройства. В этих рабочих зонах реализованы системы отведения жидкости, которые обеспечивают эффективный сбор и утилизацию использованной в процессе очистки деталей, оборудования и полов воды. Дизайн полов выполнен с учетом требований к эффективному стоку воды, благодаря созданному уклону в направлении сточных систем, который не превышает 0,01.

«Административно-бытовые помещения располагаются в отдельном здании» [55, 61].

## **1.4 Конструктивное решение**

### **1.4.1 Фундаменты**

Основание объекта сконструировано с использованием железобетонных сборных элементов, произведённых промышленным способом в соответствии с нормативными актами [10]. В качестве фундамента применены монолитные основания, разработанные в соответствии с типовой серией 1.412.1.

Базовые структуры спроектированы как поверхностные и строятся методом цельного заливания бетона прямо в раскоп. На рисунке 1 представлен эскиз фундамента со всеми размерами. Определение глубины закладки на уровне 1,5 м осуществлено в соответствии с архитектурными нормами и учетом показателей промерзания грунта. Отметка верхней границы фундамента установлена на отметке -0.150 метра от поверхности. Для изготовления фундаментальных элементов выбран прочный бетон класса В20, укрепленный арматурой из горячекатаной стали категории А400 и сеткой из арматуры категории В500. Фундаменты под колонны выполнены в форме отдельных ступенчатых оснований, причем толщина плитного слоя равна 0,3 метра. Размеры базы для крайних колонн установлены в 3,3 на 2,7 метра, в то время как для центральных столбов – 3,6 на 3,0 метра. Высота элементов под колоннами достигает 1,2 метра. Фиксация составных колонн к основанию происходит благодаря монтажным чашам и металлическим пластинам, закрепляемым на анкерные болты внутри основания. «Для внутренних стен толщиной 380 мм и участков наружных кирпичных стен используется сплошной ленточный фундамент, тогда как под более тонкие внутренние стены и кирпичные переборки толщиной 250 мм применяется точечное заливание с использованием бетона класса В15» [62].

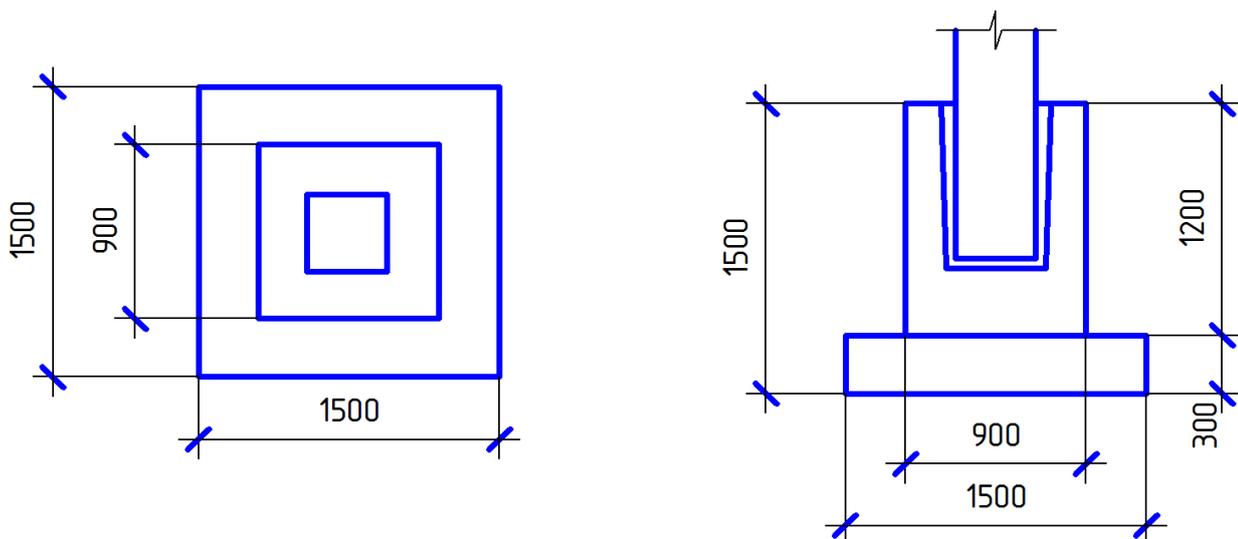


Рисунок 1 – Эскиз фундамента

### 1.4.2 Фундаментные балки

Фундаментальные балки выполняют критически важную роль, обеспечивая надежную поддержку для внешних стен строительной конструкции. Производятся они в форме предварительно напряженных железобетонных элементов, соответствующих стандартам «серии 1.415.1-2. В частности, это модели 1БФ 12-7 и 1БФ 12-13 с длиной двенадцать метров и модели 1БФ 6-13 и 1БФ 6-12» [62] длиной шесть метров. Они устанавливаются на специально предназначенные для этого бетонные колонны, которые, в свою очередь, размещаются на ровной фундаментальной основе. Чтобы устранить возможные неровности или разницу в высоте между балками и фундаментом или столбами, применяют бетон марки 7,5. Дополнительно, для защиты от проникновения воды на поверхности балок формируют водоотталкивающий слой из цементно-песчаной смеси в соотношении 1 к 2.

### 1.4.3 Колонны

Используются стандартизированные прямоугольные консольные стойки, предназначенные для устойчивости подкрановых путей. Габариты основания наружных стоек составляют 500×800 мм, в то время как для внутренних они увеличены до 600×800 мм. Верхние сечения крайних стоек имеют размеры 500×600 мм. Основание стоек достигает высоты в 7,75 м, верх

– 4,2 м, с общей высотой в 10,75 м для полной конструкции. Закрепление стоек в основании предусматривает погружение на глубину 1,0 м. Установка этих элементов производится путём введения их в специализированные ниши фундамента через слой цементно-песчаной смеси, толщиной в 50 мм. На рисунке 2 представлен эскиз крановых колонн со всеми размерами.

«В концевых секциях конструкции установлены металлические рамные опоры коробчатой формы, состоящие из двух соединенных уголков, используемые для фиксации внешних панелей. Промежуток между этими стойками равен 6 метрам» [62].

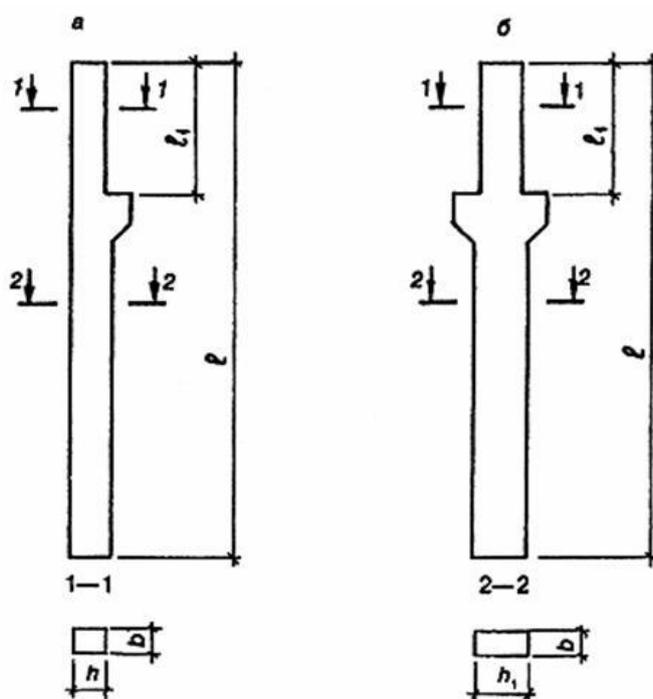


Рисунок 2 – Эскиз крановых колонн

#### 1.4.4 Подкрановые балки

Двутавровые балки из железобетона для подкрановых путей длиной 12 метров были спроектированы с учетом строгих норм и стандартов, применимых к таким конструкциям. Их крепление к выступам колонн выполняется через использование анкерных болтов, пронизывающих опорный лист, который предварительно сваривается с нижней частью встроенной пластины. Для фиксации к концу колонны, балки соединяются путем сварки

вертикального листа с пластинами, уже интегрированными в конструкцию. После проведения всех необходимых выравнивающих операций, болтовые соединения окончательно закрепляются с помощью сварки. Дабы предотвратить риск столкновения крана с концевой стеной, в конструкцию включены стальные ограничители длиной 1250 мм, служащие надежной защитой при возможных неполадках систем автоматического торможения. Каждый ограничитель изготовлен «из двутавра №45 длиной 1228 мм, металлической полосы 300×12 мм и деревянного бруса размером 200×280×360 мм и крепится с использованием крепежных болтов М30×420» [62].

#### **1.4.5 Стропильные фермы**

«Выбором для основы конструкции стали стропильные фермы из раскосных сегментных» [62] бетонных элементов, чья длина достигает 24 метров. Чтобы гарантировать постоянную стабильность данных ферм на протяжении всего периода эксплуатации здания, применяется система опоры с использованием жесткого покрытия. Установка ферм включает их закрепление на базе с помощью анкерных болтов. Вначале к опорным точкам ферм с помощью сварки прикрепляют опорные пластины, которые последующим свариванием к вершинам (оголовкам) опорных столбов, способствуют созданию прочного соединения.

#### **1.4.6 Плиты покрытия**

Ребристые покрытия размерами 3×12 метров крепятся к анкерам на верхней части ферм, обеспечивая фиксацию минимум в трех точках на плиту. Плиты имеют конструктивные особенности для интеграции вентиляционных систем, благодаря заранее подготовленным отверстиям. Для создания дренажных систем на местах монтажа формируют пространства для установки водостоков, при этом защищая и не нарушая структурную целостность плит.

#### **1.4.7 Вертикальные связи**

Для обеспечения стабильности конструкции здания вдоль его длинной оси применяются вертикально ориентированные стальные компоненты. При пролетах между опорами не более 12 метров, эти конструктивные элементы представлены в форме порталных рам. В случае одноэтажных объектов, оснащенных легкими или средними мостовыми кранами, такие усилительные компоненты монтируются в середине здания вдоль путей движения кранов, встраиваясь в ряды колонн. Конструктивно эти соединения выполняются из «двух горячекатаных профильных элементов, соединенных между собой уголками через сварку. Их функциональность увеличивается благодаря созданию точечных соединений с анкерными болтами, которые предварительно укрепляются в колоннах» [62].

#### **1.4.8 Горизонтальные связи**

«Горизонтальные связи в уровне ферм для одноэтажных зданий без фонарей не предусматриваются» [55, 61].

#### **1.4.9 Наружные стены**

«Вентилируемые фасадные системы со стенами из многослойных панелей, включая двойной слой основного материала из плотного бетона с встроенной изолирующей прослойкой, обеспечивают эффективное теплосохранение. Внутренний несущий слой бетона имеет толщину до 150 мм» [61], в то время как внешний слой уменьшен до 100 мм для оптимизации веса. В качестве изолятора используются листы экструдированного полистирола, высокоэффективного материала для теплоизоляции. Установка этих панелей осуществляется на специальные опорные конструкции, закрепленные на столбах здания. Укладка первого слоя панелей производится на основание, подготовленное с использованием защиты от влажности посредством цементно-песчаной смеси для предотвращения капиллярного подтягивания воды. Для защиты стыков и узлов от проникновения влаги применяются эластичные уплотнители и

герметики, начиная с первичной обработки цементно-песчанными растворами для надежности соединений.

#### **1.4.10 Остекление**

Ленточное остекление применяется в конструкциях вентилируемых фасадов, тогда как в оконных системах обычно используются стальные пространственные каркасы. Крепление окон к несущим конструкциям осуществляется аналогичным образом, как и установка фасадных панелей.

#### **1.4.11 Кровля**

Для кровельного покрытия был выбран рулонный кровельный материал техноэласт. Основание состоит из железобетонных ребристых плит. Процесс подготовки включает выравнивание поверхности раствором из цемента и песка марки М50 до образования 20-миллиметрового слоя. В рамках системы защиты здания от грозы предусмотрена установка молниеприемной сетки из стальной арматуры А240 диаметром 8 мм с шагом 6×12 м.

Паропроницаемость обеспечивается за счет использования полиэтиленовой мембраны. Экструдированный полистирол, известный как «Пеноплэкс-35» с толщиной 80 мм, служит в роли высокоэффективного изолятора. Цементно-песчаная смесь М50 толщиной 20 мм защищает утеплитель от механических воздействий. Гидроизоляция достигается благодаря комбинации двух видов техноэласта: ЭПП, используемого в качестве основы, и ЭКП со специфическим крупнозернистым покрытием, который выполняет заключительную защитную функцию. Специально разработанный метод термической сварки обеспечивает плотное и прочное соединение материалов. Система водоотведения реализована через внутренние водоприемные лотки, гарантируя эффективное удаление воды.

#### **1.4.12 Полы**

Основание для пола выложено непосредственно на грунт, используя бетон марки В7,5 в качестве основы. Для верхнего слоя применён укрепленный бетон марки В15, обеспечивающий дополнительную прочность. В областях, где осуществляются манипуляции с деревянными и

металлическими деталями, включая их обработку, производство и восстановление, применяется монолитное эпоксидное покрытие без швов под брендом «Полипласт», гарантирующее долговечность и устойчивость к механическим повреждениям. Все составляющие элементы и характеристики полового покрытия тщательно задокументированы и представлены в виде наглядных графических схем в приложение А.

#### **1.4.13 Двери и ворота**

В концепции доступа выбраны сдвоенные распашные ворота. Пространство под ворота оформлено с помощью установочной рамы из железобетона, размер которой соответствует стандартным параметрам отверстия в панельном наружном оформлении. В одной из частей ворот интегрирована небольшая дверца.

Двухстворчатые ворота монтируются на петли. Нижние петли оснащены самовыравнивающимися радиальными шарикоподшипниками для восприятия вертикальных нагрузок. Верхние петли служат для предотвращения горизонтального смещения створок.

Дизайн металлического скелета ворот включает в себя компоненты разнообразных контуров и габаритов: периферия складывается из применения швеллеров, стойки созданы при помощи двутавров, а стабильность достигается через применение диагональных связей из ленточной стали, преимущественно предназначенных для использования в конструкциях распашных ворот. Этот скелет дополняют наполнением из деревянных плит и стеклянных элементов. Монтаж деревянных деталей и каркасов под стекло осуществляется благодаря соединению крайних сегментов с применением уникальных технологий шипа, интегрированных в верхние и нижние зоны скелета. Деревянные панели создаются путем соединения двойного слоя облицовки, меж которыми размещается слой войлока, обработанного антисептиком и обернутого пергамином для усиленной защиты. Высота дополнительного каркасного порога для проходной части устанавливается на отметке 2,08 метра, без учета общих габаритов дверного блока.

Для гарантирования герметичности по периметру ворот и предотвращения проникновения воздуха, к стальной раме ворот прикрепляют уплотнительные элементы из стальной ленты с использованием сварки. Ликвидация щелей между створками ворот и в зоне под ними достигается за счет установки гибких защитных уплотнителей из мягких материалов, вроде резины или брезента. В проекте для данного объекта заданы размеры ворот: предусмотрены варианты 4,2 на 4,0 метра и 3,0 на 3,0 метра.

«Двери деревянные глухие двупольные размером 1910×2100 мм, 1510×2100 мм и однопольные 910×1510 мм» [61].

Площадь застройки производственной базы 3528,4 м<sup>2</sup>. Строительный объем здания 51840 м<sup>3</sup>.

### **1.5 Мероприятия по пожарной безопасности**

«Степень ответственности – 2» [84].

«Степень огнестойкости – 1» [84].

«Класс конструктивной пожарной опасности – СО.1» [84].

«Класс функциональной пожарной опасности – Ф5.1» [84].

В соответствии с принятыми стандартами, применение ворот с интегрированными калитками для целей эвакуации считается разрешенным. Размеры таких ворот спроектированы с учетом необходимого запаса пространства: ширина отверстия превосходит габариты проезжающего объекта как минимум на 0,6 метра, а высота – на 0,2 метра. Размещение эвакуационных выходов было продумано для оптимизации потока людей в экстренных ситуациях. В дополнение, внедрена внешняя металло-лестничная конструкция типа 3 для эвакуации на крышу здания. Опираясь на требования пожарной безопасности, области с повышенным риском возгорания обычно размещают у периферии зданий. К таковым зонам относят пространства, где проводятся строительные-отделочные работы, участки установки

оборудования, а также производственные помещения, ассоциированные с обработкой дерева, для которых строго регламентировано наличие выделенных маршрутов для эвакуации. Для защиты от огня, металлические конструкции обрабатываются огнестойкой краской «Потерм».

## **1.6 Инженерное оборудование**

Оборудованная зона производства включает в себя автоматизированные системы детекции пожаров. Правила предусматривают допустимость неустановки автоматических установок пожаротушения в помещениях промышленного назначения одноэтажной конструкции, чья площадь не более 7000 метров квадратных.

В соответствии с рекомендациями [3], для объектов, занимающихся переработкой, изготовлением и ремонтом деревянных и металлических изделий, предпочтительны установки аэротермического отопления, сочетаемые с механизмом принудительной подачи воздуха.

Выбор пал на вентиляцию с принципом функционирования, основанным на приточно-вытяжной системе с механической стимуляцией работы. Для осуществления подачи и очистки воздуха применяются две разнообразные вентиляционные станции. Чистый воздух направляется непосредственно в рабочую зону помещений, активно задействованных в производственных процессах. Отведение отработанного воздуха из зон хранения материалов, а также из помещений, где проводится тонкая штамповка, зарядные операции, обращение с кислотами, активности в электротехнике, на сборочных площадках и в областях ремонта и обновления покрытий, осуществляется за счет работы специализированных вытяжных устройств, действующих как самостоятельные элементы.

В дизайне кровли установлена встроенная система отвода атмосферных осадков. Дождевая вода, скатываясь с покрытия, собирается с помощью

устройств для водосбора – ливневых воронок, затем перенаправляется в центральную канализацию.

«Сточные воды промышленного предприятия очищаются перед выведением в муниципальную канализационную систему. Данная процедура производится на площадке самого завода с помощью встроенной очистительной установки» [70].

«Водоснабжение предусмотрено от общей городской сети» [70].

### **1.7 Архитектурно-художественное решение здания**

«Архитектурно-художественное решение всех строений принято с учетом окружающих зданий» [55].

«Фасады: окраска сэндвич-панелей оранжевого и синего цвета, цоколь – окраска зеленого цвета» [61].

Внутренняя отделка: «потолки окрашены водоэмульсионной краской, стены – краска, грунтовка и шпатлевка, штукатурка обычная и улучшенная на гипсовом вяжущем, затирка, окраска водоэмульсионной краской» [ГОСТ 31377-2008].

### **1.8 Теплотехнический расчет покрытия**

Здание расположено в г. Москва.

«Средняя температура наружного воздуха  $t_{ht} = -2,2^{\circ}\text{C}$ » [58].

«Продолжительность отопительного периода  $z_{ht} = 204$  сут. при  $t \leq 8^{\circ}\text{C}$ » [58].

«Температура наиболее холодной пятидневки  $t_{ht} = -26^{\circ}\text{C}$ » [58].

«Зона влажности – нормальная, согласно прил. В» [30].

«Влажностный режим работы – нормальный» [30].

«Условия эксплуатации ограждающих конструкций – «Б», согласно табл. 2» [30].

«Минимальное значение оптимальной температуры внутреннего воздуха  $t_{int} = 16^{\circ}\text{C}$ » [75].

Таблица 3 – Теплотехнические характеристики покрытия

Поз.	Наименование конструктивных элементов	$\delta$ , м	$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/мс
1	«Железобетонная ребристая плита	0,030	2500	2,04
2	Цементно-песчаная стяжка	0,020	1000	0,93
3	Утеплитель: экструзионный полистирол «Пеноплэкс-35»	х	500	0,03
4	Цементно-песчаная стяжка	0,020	1800	0,93» [75]
5	Техноэласт 2 слоя	0,008	600	0,17

«Определим градусо-сутки отопительного периода по формуле 1 а» [30]:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} \quad (2)$$

$$D_d = (16 + 2,2) \cdot 204 = 3712,8^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$$

«Нормируемое значение сопротивления теплопередаче покрытия, принимаем по табл. 2» [30]:

$$R_{req} = d \cdot D_d + b \quad (3)$$

$$R_{req} = 0,00025 \cdot 3712,8 + 1,5 = 2,43 \text{ м}^2/\text{C} \cdot \text{Вт}$$

«Определим фактическое сопротивление теплопередаче всего покрытия» [30]:

$$R_0 = 1 / \alpha_{int} + \Sigma(\delta_i / \lambda_i) + 1 / \alpha_{ht} \quad (4)$$

«где  $\alpha_{int} = 23^{\circ}\text{C} \cdot \text{Вт}/\text{м}^2$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций;

$\alpha_{ht} = 8,7^{\circ}\text{C} \cdot \text{Вт}/\text{м}^2$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций» [30].

$$R_0 = 1/23 + 0,03/2,04 + 0,02/0,93 + x/0,03 + 0,02/0,93 + 0,008/0,17 + 1/8,7$$

«Толщину утеплителя определим из условия  $R_{req} \geq R_0$ » [30]:

$$X = (2,43 - 1/23 - 0,03/2,04 - 0,02/0,93 - 0,02/0,93 - 0,008/0,17 - 1/8,7) \cdot 0,03 = 0,078 \text{ м}$$

«Принимаем утеплитель «Пеноплекс-35» толщиной 80 мм» [30].

## 1.9 Теплотехнический расчет стены

«Необходимо провести расчет материала для теплоизоляции, встроенного в трехслойную стеновую систему» [75]. На рисунке 3 представлен эскиз стеновой панели с размерами.

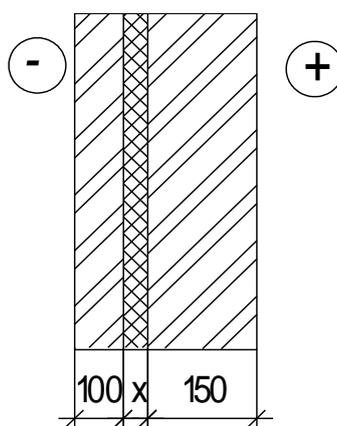


Рисунок 3 – Эскиз стеновой панели

Таблица 4 – Физико-технические характеристики

Поз.	Наименование конструктивных элементов	$\delta$ , м	$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/мс
1	«Тяжелый бетон	0,10	2500	2,04
2	Утеплитель: экструзионный полистирол	x	35	0,03
3	Тяжелый бетон	0,15	2500	2,04» [30]

«Нормируемое значение сопротивления теплопередаче стеновой панели принимаем по табл. 3» [30]:

$$R_{\text{req}} = d \cdot D_d + b \quad (5)$$

$$R_{\text{req}} = 0,0002 \cdot 3712,8 + 1,0 = 1,74 \text{ м}^2/\text{°С.Вт}$$

«Определим фактическое сопротивление теплопередаче стеновой панели» [75]:

$$R_0 = 1 / \alpha_{\text{int}} + \Sigma(\delta_i / \lambda_i) + 1 / \alpha_{\text{ht}}$$

«Где  $\alpha_{\text{int}} = 23 \text{°С.Вт/м}^2$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций;

$\alpha_{\text{ht}} = 8,7 \text{°С.Вт/м}^2$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций» [30].

$$R_0 = 1/23 + 0,1/2,04 + x/0,03 + 0,15/2,04 + 1/8,7$$

«Толщину утеплителя определим из условия  $R_{\text{req}} \geq R_0$ » [30]:

$$X = (1,74 - 1/23 - 0,1/2,04 - 0,15/2,04 - 1/8,7) \cdot 0,03 = 0,05$$

«Принимаем утеплитель экструзионный полистирол толщиной 50 мм» [75].

## 2 Расчетно-конструктивный раздел

Расчет ребристой панели покрытия.

### 2.1 Выбор типа панели покрытия

«В разработке конструкции бетонной ребристой панели размерами» [62]  $3 \times 12$  метров, с применением бетона марки В30, отличающегося прочностью на сжатие  $R_b = 1,7 \text{ кН/см}^2$  и на растяжение  $R_{bt} = 0,12 \text{ кН/см}^2$ , определены повышенные показатели нормативной прочности  $R_{b,ser} = 2,2 \text{ кН/см}^2$  и  $R_{bt,ser} = 0,18 \text{ кН/см}^2$ » [62]. Дополнительно учтен коэффициент безопасности  $\gamma_{b2}$ , равный 0,9. Для достижения более высокой и скорой прочности бетона предусмотрена тепловая обработка при стандартном атмосферном давлении, что позволяет бетону достичь модуля упругости  $E_b$  в  $2,9 \cdot 10^3 \text{ кН/см}^2$ . Армирование продольных элементов панели производится с использованием арматуры предварительного «напряжения класса А800, имеющей предел текучести  $R_s = 68 \text{ кН/см}^2$  и нормативное серийное значение  $R_{s,ser} = 80 \text{ кН/см}^2$ , ее модуль упругости  $E_s$  составляет примерно  $19 \cdot 10^5 \text{ кН/см}^2$ . Для усиления диагональных сечений ребер применен армирующий каркас из арматуры А400 с одинаковыми пределами текучести  $R_s$  и  $R_{s,ser} = 37,5 \text{ кН/см}^2$ , параметрами среза  $R_{sw} = 17,5 \text{ кН/см}^2$  и модулем упругости  $E_{sw} = 20 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$ . Плита панели армируется благодаря сварным сеткам, сделанным из холоднодеформированной проволоки В500, которая обладает пределом текучести  $R_s = 42 \text{ кН/см}^2$ » [62].

## 2.2 Расчет панели в стадии эксплуатации

1. Сбор нагрузки и определение усилий.

«Постоянная нагрузка на 1 м<sup>2</sup> панели покрытия:

- нормативная нагрузка:  $q_{\text{пост.}} = 0,8 \text{ кН/м}^2$ ;
- расчетная нагрузка:  $q_{\text{пост.}} = 1,0 \text{ кН/м}^2$ » [62].

«Определение нормативного значения веса снегового покрова на единицу площади горизонтальной поверхности земли дает:  $p_{\text{сн}} = 3,2 \text{ кН/м}^2$ » [62]. Принимая в расчет угловое соотношение кровельной системы  $f/l$ , составляющее 2,55/24 или 0,1, и следуя указаниям документа [2], коэффициент, который позволяет преобразовать вес снега на поверхности земли в снеговую нагрузку на кровельные конструкции, устанавливается как  $\mu = 1$ . Таким образом, итоговое расчетное значение нормы снеговой нагрузки для кровель  $P_{\text{сн}}$  вычисляется путем умножения 3,2 на 0,7 и составляет 2,24 кН/м<sup>2</sup>.

«Для определения прогнозируемого расстояния между опорами плиты определяем размер ширины несущей конструкции кровли как 250 мм, устанавливая толщину опоры кровельной панели в 100 мм» [62].

Тогда расчетная длина панели:

$$l_p = l_k - b_{\text{оп.}} = 12960 - 100 = 11860 \text{ мм}$$

Нагрузки, приходящиеся на 1 м<sup>2</sup>.

«Нормальная постоянная нагрузка» [62]:

$$q'_{\text{пост}} = (q_{\text{пост}} + q_{f \text{ с.в.пл.}}) \cdot A_{\text{гр}} \cdot \gamma_n \quad (6)$$
$$q'_{\text{пост}} = (0,8 + 1,17) \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 5,6 \text{ кН/м}^2$$

«Расчетная постоянная нагрузка» [62]:

$$q'_{\text{пост}} = (q_{\text{пост}} + q_{f \text{ с.в.пл.}}) \cdot A_{\text{гр}} \cdot \gamma_n \quad (7)$$
$$q'_{\text{пост}} = (1,0 + 1,3) \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 6,6 \text{ кН/м}^2$$

«Расчетная длительная нагрузка:  $q'_{дл} = 0$  кН/м<sup>2</sup>» [62].

«Полная нормативная нагрузка» [62]:

$$q'_{полн.} = (q_{пост.} + q_{с.в. пл.} + q_{сн.} + q_{дл.}) \cdot A_{гр} \cdot \gamma_n \quad (8)$$
$$q'_{полн.} = (0,8 + 1,17 + 2,24 + 0) \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 12,0 \text{ кН/м}^2$$

«Полная расчетная нагрузка» [62]:

$$q'_{полн} = (q_{пост.} + q_{с.в. пл.} + q_{сн.} + q_{дл.}) \cdot A_{гр} \cdot \gamma_n \quad (9)$$
$$q'_{полн} = (1,0 + 1,3 + 3,2 + 0) \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 15,7 \text{ кН/м}^2$$

«Момент от расчетных нагрузок» [62]:

$$M = \frac{q'_{полн} \cdot l_p^2}{8} = \frac{15,7 \cdot 11,86^2}{8} = 276 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

«Момент от постоянных и длительных нагрузок» [62]:

$$M_{11} = \frac{q'_{пост.} \cdot l_p^2}{8} = \frac{6,6 \cdot 11,86^2}{8} = 116 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

«Момент от полных нормативных нагрузок» [62]:

$$M_{12} = \frac{q'_{полн} \cdot l_p^2}{8} = \frac{12 \cdot 11,86^2}{8} = 211 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

«Момент от собственного веса панели» [62]:

$$M_{13} = \frac{q_{с.в.пл.} \cdot A_{гр} \cdot \gamma_n \cdot l_p^2}{8} = \frac{1,3 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 11,86^2}{8} = 65 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

«Момент от кратковременных нагрузок» [62]:

$$M_{14} = \frac{q'_{сп} \cdot A_{гр} \cdot \gamma_n \cdot l_p^2}{8} = \frac{3,2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 11,86^2}{8} = 160,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

«Максимальная расчетная поперечная сила» [62]:

$$Q = \frac{q'_{\text{полн}} \cdot l_p}{2} = \frac{15,7 \cdot 11,86}{2} = 93,1 \text{ кН}$$

«Поперечная сила от нормативных постоянных нагрузок» [62]:

$$Q_{f \text{ пост}} = \frac{q'_{\text{пост}} \cdot l_p}{2} = \frac{5,6 \cdot 11,86}{2} = 33,2 \text{ кН}$$

«Поперечная сила от нормативных постоянных и длительных нагрузок» [62]:

$$Q_{\text{дл}} = Q_{\text{пост}} = 33,2 \text{ кН}$$

«Поперечная сила от полных нормативных нагрузок» [62]:

$$Q_f = \frac{q'_{f \text{ пост}} \cdot l_p}{2} = \frac{12 \cdot 11,86}{2} = 71,2 \text{ кН}$$

2. Расчет полки панели на местный изгиб.

Размеры полки в свету между ребрами:

$$l_1 = 271 \text{ мм};$$

$$l_2 = 141 \text{ мм}.$$

Соотношение сторон:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{271}{141} = 1,91$$

«Собственный вес полки» [62]:

$$q_{\text{с.в.}} = \delta \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_f = 0,03 \cdot 25 \cdot 1,1 = 0,825 \text{ кН/м}^2$$

«Полная нагрузка на полку» [62]:

$$q_{\text{полки}} = (q_{\text{пост}} + q_{\text{сн}} + q_{\text{с.в.}}) \cdot A_{\text{гр}} \cdot \gamma_{\text{п}} = (1,0 + 3,2 + 1,3) \cdot 1 \cdot 1,48 \cdot 0,95 = 7,7 \text{ кН/м}^2$$

«Изгибающий момент для полосы плиты шириной 1 м» [62]:

$$M_2 = \frac{q_{\text{полки}} \cdot l_2^2}{16} = \frac{7,7 \cdot 1,41^2}{16} = 0,96 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

3. Расчет прочности полки по нормальному сечению в середине проема.

Ширина расчетного сечения:  $b = 100 \text{ см}$ ;  $h'_s = 3 \text{ см}$ .

Расчетная высота сечения:  $h_0 = h'_f - a = 3 - 1,5 = 1,5 \text{ см}$ .

«Площадь арматуры в середине пролета» [62]:

$$\alpha_0 = \frac{M_2}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{96}{17 \cdot 0,9 \cdot 100 \cdot 1,5^2} = 0,03$$

Граничная высота сжатой зоны бетона, при  $\gamma_{b2} = 0,9 < 1,0$ :

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{50} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} \quad (10)$$

где  $\sigma_{sr} = R_s = 36,5 \text{ кН/м}^2$  (для В500).

Характеристика сжатой зоны бетона: при  $\alpha = 0,85$ :

$$\omega = \alpha - 0,08 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2} = 0,85 - 0,08 \cdot 1,7 \cdot 0,9 = 0,73$$

Так как  $\gamma_{b2} = 0,9$ , то:

$$\xi_R = \frac{0,75}{1 + \frac{36,5}{50} \cdot \left(1 - \frac{0,75}{1,1}\right)} = 0,58 \text{ см}$$

«Относительная высота сжатой зоны бетона» [62]:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,03} = 0,03 \text{ см} < \xi_R = 0,58 \text{ см}$$

$$A_s = \xi \cdot b \cdot h_0 \cdot \frac{R_b \cdot \gamma_{b2}}{R_s} = 0,03 \cdot 100 \cdot 1,5 \cdot \frac{1,7 \cdot 0,9}{36} = 0,19 \text{ см}^2$$

Производя расчеты армировочной сетки для строительных конструкций, мы применяем арматуру с рифлением и принадлежащую к классу прочности В500, образуя ячейки квадратной формы размером 250×250 мм. Это означает,

что на каждый погонный метр приходится четыре арматурных стержня. Для вычисления площади поперечного сечения  $A_s$  этих стержней, применяется диаметр в 4 мм для каждого. С учетом спецификации класса В500 арматуры, общая площадь сечения четырех стержней составляет 0,5 см<sup>2</sup>.

Анализ устойчивости наклонных участков в флангах пластин излишен, ведь условия прочности для данных участков естественным образом выполняются.

#### 4. Расчет поперечного ребра.

Поперечные ребра панельных систем рассматриваются как составляющие с тавровой формой, внедренные в продольные части. Принимая в расчет пластическую деформацию, расчет изгибающих моментов проводят на участках между опорами и в зонах опирания:

$$M_{\text{оп}} = M_{\text{пр}} = \frac{q \cdot l_1^2}{16} \quad (11)$$

«Ширина полки» [62]:

$$h = \frac{2 \cdot l_1}{6} \quad (12)$$

«Средняя толщина поперечного ребра:  $b_2 = 9$  см» [62].

«Расчетное сечение поперечного ребра» [62]:

$$b_f' = b_2 + \frac{2 \cdot l_1}{6} = 9 + \frac{2 \cdot 284}{6} = 103 \text{ см}$$

«Нагрузка на поперечное ребро, ее наибольшая интенсивность» [62]:

$$q_1 = q_{\text{пост}} \cdot (l_2 - b_2) = 7,7 \cdot (1,48 + 0,09) = 12 \text{ кН/ч}$$

«Нагрузка от собственного веса ребра» [62]:

$$q_{\text{с.в.р.}} = b_2(h - h_f') \cdot \gamma \cdot \gamma_f = 0,09 \cdot (0,15 - 0,03) \cdot 25 \cdot 1,1 = 0,16 \text{ кН/м}$$

«Полная расчетная нагрузка» [62]:

$$q_p = q_1 + q_{\text{с.в.р.}} = 12 + 0,16 = 12,2 \text{ кН/м}^2$$

«Моменты в пролете и на опоре по равномоментной схеме» [62]:

$$M = M_{\text{оп}} = M_{\text{пр}} = \frac{q_p \cdot l_1^2}{16} = \frac{12,2 \cdot 2,71^2}{16} = 5,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

5. «Определим площадь сечения рабочей арматуры.

Предположим, что имеем 1-й случай работы сечения  $x < h'_f$ , тогда» [62]:

$$\alpha_0 = \frac{M}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b'_f \cdot h_0^2} = \frac{560}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 103 \cdot 13^2} = 0,012$$

«Относительная высота сжатой зоны бетона» [62]:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,02} = 0,012 \text{ см} < \xi_R = 0,58 \text{ см}$$

«Высота сжатой зоны» :

$$x = \xi \cdot h_0 = 0,012 \cdot 13 = 0,024 \text{ см} < h'_f = 3,0 \text{ см}$$

«Предположение оправдано, имеем первый случай» [62]:

$$A_s = \xi \cdot b \cdot h_0 \cdot \frac{R_b \cdot \gamma_{b2}}{R_s} = 0,012 \cdot 103 \cdot 13 \cdot \frac{1,7 \cdot 0,9}{37,5} = 0,66 \text{ см}^2$$

«Принимаем каркас Кр-1 с рабочей арматурой диаметром 10 А400 с  $A_s = 0,785 \text{ см}^2$ » [62].

«Поперечные стержни из арматуры диаметром 5 В500» [62].

Интервал между поперечными армированными элементами определяется на основе стандартов проектирования: в пределах первых 25% от общего размера конструкции, начиная от её краев, расстояние между стержнями составляет  $S_1 = 200 \text{ мм}$ .

«Принимаем  $S_1 = 200 \text{ мм}$ » [62].

«В средней части каркаса» [62]:

$$S_2 = \frac{3}{4} \cdot h = \frac{3}{4} \cdot 150 = 112,5 \text{ мм}$$

«Принимаем  $S_2 = 100$  мм» [62].

6. Расчет продольного ребра по нормальным сечениям.

«Анализируемый профиль имеет Т-образную конфигурацию, со следующими размерами: ширина его верхней части, также называемой полкой, равна 294 см ( $b'_f = 294$  см); толщина этой полки составляет 4,5 см ( $h'_f = 4,5$  см)» [62], в то время как ширина его вертикальной стойки или стенки ( $b$ ) достигает 20 см. Принимая во внимание обязательность наличия защитного покрытия толщиной в 4 см ( $a_r = 4$  см), высчитываемая эффективная высота или рабочая высота сечения ( $h_0$ ), путем вычитания толщины этого слоя из полной высоты, подсчитывается как 41 см ( $h_0 = h - a_r = 45 - 4 = 41$  см).

«При армировании продольных рёбер применяют стержни, на которые воздействуют механическим способом натяжения в ходе термической обработки элементов конструкции» [62].

«Предварительное натяжение арматуры назначим с учетом условий» [62]:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{sp} + p \leq R_{s,ser} \\ \sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot R_{s,ser} \end{array} \right\} \quad (13)$$

«Допускаемое отклонение при механическом способе натяжения» [62]:

$$\begin{aligned} z &= 0,05 \cdot \sigma_{sp} & (14) \\ \sigma_{sp} &= 0,9 \cdot R_{s,ser} = 0,9 \cdot 800 = 720 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Тогда:  $720 + 0,05 \cdot 720 = 756 \text{ МПа} \leq 800 \text{ МПа}$

$720 - 0,05 \cdot 720 = 684 \text{ МПа} \geq 240 \text{ МПа}$

«Окончательно принимаем:  $\sigma_{sp} = 720$  МПа» [62].

Граничная относительная высота сжатой зоны бетона при  $\gamma_{b2} = 0,9 < 1,0$ :

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sp}}{50} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} \quad (15)$$

«Характеристика сжатой зоны бетона» [62]:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 17 \cdot 0,9 = 0,73$$

Напряжение в арматуре: для арматуры класса А800:

$$\sigma_{sp} = R_s + 400 - \gamma_{sp} - \sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp} \quad (16)$$

Коэффициент точности натяжения арматуры:  $\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp}$ .

При механическом способе натяжения:  $\Delta\gamma_{sp} = 0,1$ .

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{sp} &= 1 + 0,1 = 1,1 \\ \gamma_{sp} &= 1 - 0,1 = 0,9 \end{aligned} \right\}$$

«Допустимое отклонение предварительного напряжения» [62]:

$$\Delta\sigma_{sp} = 1500 \cdot \frac{\sigma_{sp}}{R_s} - 1200 = 1500 \cdot \frac{720}{680} - 1200 = 388 \text{ МПа} \geq 0,0 \text{ МПа}$$

Тогда:

$$\sigma_{sp} = 720 + 400 - 0,9 \cdot 720 - 388 = 84 \text{ МПа} = 8,4 \text{ кН/см}^2$$

$$\xi_R = \frac{0,73}{1 + \frac{8,4}{50} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,7 \text{ см}$$

Предположим, что имеем первый случай работы таврового сечения:

$x \leq h'_f$ , тогда:

$$\alpha_0 = \frac{M}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b_f' \cdot h_0^2} = \frac{27651}{1,7 \cdot 0,9 \cdot 294 \cdot 41^2} = 0,037$$

«Относительная высота сжатой зоны бетона» [62]:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,037} = 0,038 \text{ см} < \xi_R = 0,70 \text{ см}$$

Высота сжатой зоны:

$$x = \xi \cdot h_0 = 0,038 \cdot 41 = 1,56 \text{ см} < h'_f = 3,0 \text{ см}$$

«Предположение оправдано, имеем первый случай сечения» [62].

«Коэффициент, отображающий превышение уровня напряжения в арматуре над пределом текучести материала» [62]:

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \frac{\xi}{\xi_k} - 1\right) \leq \quad (17)$$

Для арматуры А600:  $\eta = 1,2$ , тогда:

$$\gamma_{s6} = 1,2 - (1,2 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,037}{0,7} - 1\right) = 1,2 \leq \eta = 1,2$$

Принимаем  $\gamma_{s6} = \eta = 1,2$ .

Тогда площадь сечения предварительно напряженной арматуры:

$$A_{sp} = \xi \cdot b' \cdot h_0 \cdot \frac{R_b \cdot \gamma_{b2}}{R_s \cdot \gamma_{s6}} = 0,037 \cdot 294 \cdot 41 \cdot \frac{1,7 \cdot 0,9}{68 \cdot 1,2} = 8,4 \text{ см}^2$$

Принимаем 1 диаметром 32 А800 с  $A_{sp} = 9,82 \text{ см}^2$ .

7. Определение геометрических характеристик приведенного сечения:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{19 \cdot 10^{-4}}{29 \cdot 10^{-3}} = 6,55$$

Отношение модулей упругости:

«Приведенная площадь сечения» [62]:

$$A_{red} = A + \alpha \cdot A_s = 294 \cdot 3 + 42 \cdot 20 + 6,55 \cdot 9,82 = 1786,3 \text{ см}^2$$

ее статический момент относительно нижней грани:

$$S_{\text{red}} = 882 \cdot 43,5 + 840 \cdot 21 + 64,3 \cdot 4 = 47085 \text{ см}^3$$

Расстояние от нижней грани до центра тяжести приведенного сечения:

$$y = \frac{S_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} = \frac{47085}{1786,3} = 26,4 \text{ см}$$

«Расстояние от центра тяжести напрягаемой арматуры до центра тяжести приведенного сечения» [62]:

$$e_0 = y - a_n = 26,4 - 4 = 22,4 \text{ см}$$

«Приведенный момент инерции сечения (без учета собственного момента инерции арматуры)» [62]:

$$\begin{aligned} I_{\text{red}} = I + nI_s &= \frac{294 \cdot 3^3}{12} + 882 \cdot 17,1^2 + \frac{20 \cdot 42^3}{12} + 840 \cdot 5,4^2 + 64,3 \cdot 22,4^2 = \\ &= 661,5 + 257905,6 + 123480 + 2449,4 + 32263,17 = 416760 \text{ см}^4 \end{aligned}$$

Момент сопротивления сечения:

– относительно нижней грани:

$$W_{\text{red}} = \frac{I_{\text{red}}}{y} = \frac{416760}{26,4} = 15790 \text{ см}^3$$

– относительно верхней грани:

$$W'_{\text{red}} = \frac{I_{\text{red}}}{h - y} = \frac{416760}{45 - 26,4} = 22400 \text{ см}^3$$

– упругопластический момент сопротивления при  $\gamma = 1,75$ :

$$W_{\text{pl}} = \gamma \cdot W_{\text{red}} = 1,75 \cdot 15790 = 27632 \text{ см}^3$$

$$W'_{\text{pl}} = \gamma \cdot W'_{\text{red}} = 1,5 \cdot 22400 = 33600 \text{ см}^3$$

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения:

– до верхней ядровой точки:

$$r_{\text{я}} = 0,8 \cdot \frac{W_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} = 0,8 \cdot \frac{15790}{1786} = 7,07 \text{ см}$$

– до нижней ядровой точки:

$$r = 0,8 \cdot \frac{W'_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} = 0,8 \cdot \frac{22400}{1786} = 10,03 \text{ см}$$

Определение потерь предварительного напряжения в арматуре и усилия предварительного обжатия.

А. Первые потери.

1 «Потери от релаксации напряжений в арматуре. При механическом способе натяжения» [62].

Стержневая арматура:

$$\sigma_1 = 0,1 \cdot \sigma_{\text{sp}} - 20 = 0,1 \cdot 720 - 20 = 52 \text{ МПа}$$

2 «Потери от температурного перепада для бетона класса В15...В40» [62]:

$$\sigma_2 = 1,25 \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 65 = 81,25 \text{ МПа}; \Delta t = 65^\circ \text{С.}$$

3 Потери от деформации анкеров. При механическом натяжении на упоры:

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s \quad (18)$$

$$\Delta l = 1,25 + 0,15 \cdot d_p$$

Тогда:

$$\sigma_3 = \frac{1,25 + 0,15 \cdot 32}{12000} \cdot 190000 = 31 \text{ МПа}$$

4 Потери от трения арматуры. Так как арматура прямолинейная, то  $\sigma_4 = 0$  МПа.

5 Повреждение, произошедшее вследствие искажения формы стального продукта. «При отсутствии сведений о технологии изготовления и структурных характеристиках изделия, регистрируется механическое напряжение:  $\sigma_5 = 30$  МПа» [62].

6 «Экономические потери, вызванные усиленной деформацией усадки бетона. При процессе предварительного натяжения армированных стержней для конструкций из железобетона, подвергшихся термообработке» [62]:

$$P_1 = A_{sp}(\sigma_{sp} - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_4) = 9,82 \cdot (720 - 52 - 81,25 - 31 - 0) = 0,55 \text{ МН}$$

$$y_{sp} = y_o - a_p = 26,4 - 4 = 22,4 \text{ см}$$

$$\sigma_{bp} = \frac{0,55}{1786} + \frac{0,55 \cdot 22,4^2}{416760} = 9,7 \text{ МПа}$$

Принимаем:  $R_{bp} = 30 \text{ МПа} \geq 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ МПа}$ ,

тогда  $\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot R_{bp} = 0,25 + 0,025 \cdot 15,5 = 0,64 \leq 0,8$ .

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{9,7}{30} = 0,32 \leq \alpha = 0,6$$

$$\sigma_6 = 40 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \cdot 0,85 = 40 \cdot 0,32 \cdot 0,85 = 13,6 \text{ МПа}$$

7 «Сумма первых потерь» [62]:

$$\sigma_{loss1} = \Sigma \sigma_{1-6} = 52 + 81,25 + 31 + 0 + 30 + 13,6 = 208 \text{ МПа}$$

«Усилие обжатия после первых потерь» [62]:

$$P_1 = (\sigma_{sp} - \sigma_{loss1})A_{sp} = (720 - 208) \cdot 9,82 = 5,0 \text{ МН}$$

Б. Вторые потери.

1 «Потери от релаксации напряжений в арматуре.

Так как арматура натягивается на упоры,  $\sigma_7 = 0$ .

2 Потери от усадки бетона.

Бетон, подвергнутый тепловой обработке класса В30:  $\sigma_8 = 35 \text{ МПа}$ .

3 Потери от ползучести бетона» [62].

Так как  $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,32 \leq 0,6$ , то:

$$\sigma_9 = 150 \cdot \alpha \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 150 \cdot 0,85 \cdot 0,32 = 40,8 \text{ МПа}$$

4 Сумма вторых потерь:

$$\sigma_{loss2} = \Sigma \sigma_{7-9} = 0 + 35 + 40,8 = 75,8 \text{ МПа}$$

«Полные потери» [62]:

$$\sigma_{loss} = \sigma_{loss1} + \sigma_{loss2} = 208 + 75,8 = 283,8 \text{ МПа}$$

«Напряжение в арматуре после всех потерь» [62]:

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{sp} - \sigma_{loss} = 720 - 283,8 = 436,2 \text{ МПа}$$

«Усилие обжатия после всех потерь» [62]:

$$P_2 = A_{sp} \cdot \sigma_{sp2} = 9,82 \cdot 43,62 = 428 \text{ кН/см}^2$$

«Напряжение обжатия после всех потерь» [62]:

$$\sigma_{bp2} = \frac{P_2}{A_{red}} + \frac{P_2 \cdot y_0}{J_{red}} = \frac{428}{1786} + \frac{428 \cdot 22,4^2}{416760} = 0,75 \text{ кН/см}^2$$

Расчет прочности продольного ребра по наклонным сечениям.

«Для оценки прочности наклонных сечений проверим условие» [62]:

$$Q \leq \varphi_{b3} \cdot R_{bt} \cdot \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_0 \quad (19)$$

$$93,1 \text{ кН} \geq 0,6 \cdot 0,12 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 41 = 53,1 \text{ кН}$$

( $\varphi_{b3} = 0,6$  для тяжелого бетона).

Требования не выполнены – значение прочности на сдвиг для косо­го сечения оказалось недостаточным, указывая на необходимость пересмотра расчетов элемента с учетом его косых сечений.

1. Обеспечение прочности на действие поперечной силы по наклонной трещине:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} \quad (20)$$

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} \cdot (1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot R_{b2} \cdot b \cdot h_0^2}{c} \geq \varphi_{b2} \cdot (1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 \quad (21)$$

где  $\varphi_{b2} = 2$  – для тяжелого бетона;

$$\varphi_f = \frac{0,75 \cdot (b'f - b) \cdot h'f}{b - h_0} = \frac{0,75 \cdot (294 - 20) \cdot 4,5}{20 \cdot 41} = 1,1 \leq 0,5$$

Принимаем  $\varphi_f = 0,5$ .

$$\varphi_n = \frac{0,1 \cdot P_2}{R_{bt} \cdot \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_0} = \frac{0,1 \cdot 42}{0,12 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 41} = 0,05 \leq 0,5$$

Принимаем  $\varphi_n = 0,05$ .

Причем  $(1 + \varphi_f + \varphi_n) \leq 1,5$

$$(1 + 0,5 + 0,05) = 1,15 \leq 1,5$$

Принимаем  $(1 + \varphi_f + \varphi_n) = 1,15$ .

Длина проекции наиболее опасного наклонного сечения на продольную ось элемента:

$$C = 2 \cdot h_0 = 2 \cdot 41 = 82 \text{ см}$$

Тогда:

$$Q_b = \frac{2 \cdot 1,15 \cdot 0,12 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 41^2}{82} = 102 \text{ кН} \geq \\ \geq 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,12 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 41 = 79,7 \text{ кН}$$

Прочностной показатель бетона на сжатие, достигающий 93,1 кН, ниже максимально допустимого уровня в 102 кН. Это указывает на то, что бетонная

конструкция способна безопасно переносить предписанные нагрузки, распределенные по наклонным секциям. В соответствии с этим, выбор и размещение арматуры сечения поперечного вида осуществляются в строгом соответствии с установленными в проекте строительными нормами и стандартами.

Определяем наименьшее сечение поперечной арматуры, учитывая нормы сварочных работ и «основываясь на параметрах выбранной продольной арматуры  $\varnothing 5$  В500 с площадью сечения 0,196 квадратных сантиметров. Вычисляем количество стержней поперечной арматуры, которые располагаются в плоскости, перпендикулярной к продольной оси элемента, и пересекают наклонные сечения, составляя две штуки» [62].

Конструктивно шаг поперечных стержней на приопорных участках принимаем при  $h = 45 \text{ см} \leq 45 \text{ см}$ :

$$S_1 \leq 1/3 \cdot h = 1/3 \cdot 450 = 150 \text{ мм}$$

Принимаем  $S_1 = 100 \text{ мм}$ .

2. Обеспечение прочности на действие поперечной силы по наклонной полосе между трещинами из условия:

$$Q < 0,3 \cdot \varphi_{w1} \cdot \varphi_{b2} \cdot b \cdot h_0 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2} \quad (22)$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \cdot a \cdot \mu_u \leq 1,3 \quad (23)$$

$$\alpha = \frac{E_{sw}}{E_b} = \frac{19000}{2900} = 6,55$$

$$\mu_u = \frac{A_{sw}}{b \cdot S_1} = \frac{n_w \cdot \phi_w}{b \cdot S_1} = \frac{2 \cdot 0,196}{20 \cdot 10} = 0,002$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta \cdot R_b \cdot \gamma_{b2} = 1 - 0,1 \cdot 1,7 \cdot 0,9 = 0,85$$

$\beta = 0,1$  – для тяжелого бетона.

$$\varphi_{w1} = 1 + 9,28 \cdot 0,002 = 1,0 \leq 1,3$$

$$Q = 93,1 \text{ кН} \leq 0,3 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 41 \cdot 1,7 \cdot 0,9 = 320 \text{ кН}$$

«Условие выполняется, прочность по наклонной полосе между трещинами обеспечена» [62].

«Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси элемента» [62].

Расчет сводится к проверке условия  $M_R \leq M_{crс}$ :

$$M_{crс} = R_{bt,ser} \cdot \gamma_{b2} \cdot W_{pl} \pm M_{гр} \quad (24)$$

$$M_{гр} = P_2(e_{op} + r)\gamma_{sp} = 4200(22,4 + 7,07) \cdot 1,75 = 21660 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

«Момент силы предварительного сжатия бетона с использованием напряженной арматуры в процессе изготовления изделия ( $M_{гр}$  во время использования)» [62]:

$$M'_{гр} = P_1(e_{op} + r_{inf})\gamma'_{sp} = 5000(22,4 - 7,07) \cdot 1,75 = 134138 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Момент внутренних усилий в стадии эксплуатации:

$$M_{crс} = 0,18 \cdot 0,9 \cdot 27632 + 21660 = 26136 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad M_{R2} = 211 \text{ кН} \cdot \text{м} = 21100 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

«Условие выполняется, трещин не образуется.

Расчет по образованию трещин, наклонных к продольной оси элемента.

Трещиностойкость наклонного сечения может считаться обеспеченной, если выполняется условие» [62]:

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{b4} \cdot R_{bt,ser} \cdot \gamma_{b2} \quad (25)$$

где:

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (26)$$

$$\sigma_x = \frac{M_x \cdot (h - h_{f'}) - I_2 \cdot e_{op} \cdot (h - h_{f'})}{J_{red}} - \frac{P_2}{A_{red}} \quad (27)$$

$$M_x = \frac{q'_{полн} \cdot x \cdot (l_p - x)}{2} = \frac{0,12 \cdot 1,56 \cdot (1186 - 1,56)}{2} = 111 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

$$\sigma_x = \frac{111 \cdot (45 - 4,5) - 1,48 \cdot 22,4 \cdot (45 - 4,5)}{416760} - \frac{4200}{1786} = -2,3 \text{ кН/см}^2$$

При  $(h - h'_{f'}) > 0,4h$ :

$$\sigma_y = \frac{-2}{b \cdot h} \cdot \left(1 - \frac{h-h'_{f'}}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{x}{h-h'_{f'}}\right) \quad (28)$$

$(45 - 4,5) = 40,5 \text{ см} > 0,4 \cdot 45 = 18 \text{ см}$ , то:

$$\sigma_y = \frac{-2}{20 \cdot 45} \cdot \left(1 - \frac{40,5}{45}\right) \cdot \left(1 - \frac{1,56}{45}\right) = -0,0002 \text{ кН/см}^2$$

«Определим тангенциальные напряжения в бетонных конструкциях, учитывая влияние внешних нагрузок и предварительное напряжение от армирования (применив эквивалентный статический момент для заданного сечения)» [62]:

$$S = b'_{f'} \cdot h'_{f'} \cdot \left(h - y_0 - \frac{h'_{f'}}{2}\right) = 294 \cdot 4,5 \cdot \left(45 - 26,4 - \frac{4,5}{2}\right) = 21631 \text{ см}^3$$

тогда:

$$\tau_{xy} = \frac{Q \cdot S}{b \cdot J_{red}} = \frac{71,2 \cdot 21631}{20 \cdot 416760} = 0,18 \text{ кН/см}^2$$

Главные растягивающие напряжения в бетоне:

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (29)$$

$$\sigma_{mt} = \frac{-2,3 - 0,0002}{2} + \sqrt{\left(\frac{-2,3 - 0,0002}{2}\right)^2 + 0,18^2} = 0,014 \text{ кН/см}^2$$

Определим коэффициент условия работы бетона:

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - \frac{|\sigma_{ml}|}{R_{b,ser} \cdot \gamma_{b2}}}{0,2 + \alpha \cdot B} \leq 1,0 \quad (30)$$

Главные сжимающие напряжения в бетоне:

$$\sigma_{ml} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (31)$$

$$\sigma_{ml} = \frac{-2,3 - 0,0002}{2} - \sqrt{\left(\frac{-2,3 - 0,0002}{2}\right)^2 + 0,18^2} = -1,3 \text{ кН/см}^2$$

где  $\alpha = 0,01$  для тяжелого бетона.

$\alpha \cdot B = 0,01 \cdot 30 = 0,3 \geq 0,3$ , тогда:

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - \frac{1,3}{2,2 \cdot 0,9}}{0,2 + 0,3} = 0,67 \leq 1,0$$

Принимаем  $\gamma_{b4} = 0,67$ .

$$|\sigma_{ml}| = 1,3 \text{ кН/см}^2 \leq \gamma_{b4} \cdot R_{b,ser} \cdot \gamma_{b2} = 0,67 \cdot 2,2 \cdot 0,9 = 1,33 \text{ кН/см}^2$$

$$\sigma_{mt} = 0,014 \text{ кН/см}^2 \leq \gamma_{b4} \cdot R_{bt,ser} \cdot \gamma_{b2} = 0,67 \cdot 0,18 \cdot 0,9 = 0,11 \text{ кН/см}^2$$

«Условия выполняются, трещиностойкость наклонных сечений обеспечена» [62].

«Расчет по деформациям» [62].

«Расчет деформаций элементов структурных систем проводят, принимая во внимание наличие или отсутствие нормальных к продольной оси трещин в растягиваемой зоне» [62].

«Расчет прогибов панели при отсутствии трещин в растянутой зоне.

Расчет сводится к проверке условия  $f \leq [f]$ » [62]:

$$f = \bar{S} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l_p^2 \quad (32)$$

При равномерно распределенной нагрузке:

$$\bar{S} = \frac{5}{4l} \quad (33)$$

Полная кривизна:

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (34)$$

«Кривизна от непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок» [62]:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{r1} \cdot \varphi_{b2}}{0,85 \cdot E_b \cdot I_{red}} \quad (35)$$

где  $\varphi_{b2} = 1,0$  (при временных нагрузках) является показателем, который выражает увеличение деформаций, обусловленных долгосрочной ползучестью бетона.

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{11600}{0,85 \cdot 2,9 \cdot 10^3 \cdot 416760} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

«Кривизна от продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок» [62]:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{16400}{0,85 \cdot 2,9 \cdot 10^3 \cdot 416760} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

«Кривизна, учитывающая выгиб элемента от кратковременного действия усилия предварительного обжатия» [62]:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_2 \cdot e_{op}}{0,85 \cdot E_b \cdot I_{red}} \quad (36)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{428}{0,85 \cdot 2,9 \cdot 10^3 \cdot 416760} = 4,1 \cdot 10^{-7} \text{ см}^{-1}$$

«Изгибная деформация, индуцированная перегрузкой конструктивного элемента вследствие компрессии и пластичности бетона под действием напряжений» [62], возникающих в ходе предварительного напряжения.

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9}{h_0 \cdot E_{sp}} \quad (37)$$
$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{1,36 + 3,5 + 4,08}{41 \cdot 1,9 \cdot 10^4} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

Полная кривизна:

$$\left(\frac{1}{r}\right) = (1,1 + 1,6 - 0,041 - 1,1) \cdot 10^{-5} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

Проверим условие:

$$f = \frac{5}{48} \cdot (1,6 \cdot 10^{-5}) \cdot 1187^2 = 2,3 \text{ см} \leq [f] = 4,7 \text{ см}$$

Условие выполняется, жесткость элемента обеспечена.

### **2.3 Расчет панели в стадии изготовления, транспортировки и монтажа**

Расчет панели на усилия, возникающие в стадии транспортировки и монтажа.

Создадим вычислительную модель для плиты, принимая во внимание позиционирование монтажных узлов на расстоянии 0,7 метра от периферии.

«Собственный вес плиты:  $G_{c.v.} = 41,9 \text{ кН}$ » [62].

«Коэффициент динамичности при транспортировке:  $k_d = 1,5$ » [62].

«Нагрузка от собственного веса плиты с учетом коэффициента динамичности» [62]:

$$q_{c.в.} = \frac{k_d \cdot G_{c.в.}}{l_k} = \frac{1,5 \cdot 41,9}{11,960} = 5,3 \text{ кН/м}$$

«Расчетный момент в опорном сечении с учетом коэффициента динамичности» [62]:

$$M_{оп} = \frac{q_{c.в.} \cdot l_1^2}{2} = \frac{5,3 \cdot 0,7^2}{2} = 1,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Проверим достаточность сечения арматуры верхней зоны при:

$$Z = 0,9 \cdot h_0 = 0,9 \cdot 41 = 36,9 \text{ см}$$

Площадь арматуры:

$$A_s = \frac{M_{оп}}{Z \cdot R_s} = \frac{130}{36,9 \cdot 36} = 0,1 \text{ см}^2 < A_s = 0,5 \text{ см}^2$$

где  $A_s = 0,5 \text{ см}^2$  – площадь арматуры для 4 диаметром 4 В500.

«Условие выполняется, площадь сечения арматуры достаточна» [62].

Во время разработки установки петель важно учитывать возможное искажение элемента при его подъеме, а также равномерное распределение веса между двумя точками фиксации.

Усилие на каждую петлю:

$$N = \frac{q_{c.в.} \cdot l_k}{2} = \frac{5,3 \cdot 11,96}{2} = 63,4 \text{ кН}$$

Площадь сечения стержня из арматуры класса А240 с  $R_s = 22,5 \text{ кН/см}^2$ :

$$A_s = \frac{N}{R_s} = \frac{63,4}{22,5} = 2,8 \text{ см}^2$$

Принимаем диаметром 20 А240 с  $A_s = 3,142 \text{ см}^2$ .

Расчет панели на усилие, возникающее в стадии изготовления.

«Применяя к панели  $P_2$  силу обжатия в качестве внешнего стимула для нейтрализации эффектов эксцентрически приложенной нагрузки, которая вызывает предварительное сжатие элемента при достижении бетоном 70% из проектной прочности, мы определяем расчетное сопротивление бетона следующим образом» [62]:

$$R_o = 0,7 \cdot R_b = 0,7 \cdot 1,7 = 1,19 \text{ кН/см}^2$$

«Эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести арматуры  $A_s$ » [62]:

$$e = h_o - a'_s + e_a + M / P_2 \quad (38)$$

«Случайный эксцентриситет приложения силы принимаем по наибольшему значению» [62]:

$$\left. \begin{aligned} e_a &= \frac{1}{600} \cdot l_k = \frac{1}{600} \cdot 1198 = 2,0 \text{ см} \\ e_a &= \frac{1}{30} \cdot h = \frac{1}{30} \cdot 45 = 1,5 \text{ см} \\ e_a &= 1,0 \text{ см} \end{aligned} \right\}$$

Принимаем  $e_a = 2,0$  см.

«Момент от собственного веса плиты без учета коэффициента динамичности» [62]:

$$M = \frac{q_{c.в.} \cdot l_1^2}{2} = \frac{3,5 \cdot 0,7^2}{2} = 0,86 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

где:

$$q_{c.в.} = \frac{G_{c.в.}}{l_k} = \frac{41,9}{11,96} = 3,5 \text{ кН/м}$$

«Толщина защитного слоя верхней арматуры:  $a'_s = 1,5$  см, тогда эксцентриситет продольной силы» [62]:

$$e = 41 - 1,5 + 2 + \frac{86}{428} = 41,7 \text{ см}$$

«Для зоны, наиболее удаленной от напрягаемой арматуры, расчетная высота сечения» [62]:

$$h'_o = h_o - a'_s = 41 - 1,5 = 39,5 \text{ см}$$

Определим требуемую площадь сечения арматуры в верхней зоне:

$$\alpha_0 = \frac{P_2 \cdot e}{R_0 \cdot \gamma_{b2} \cdot (h'_o)^2 \cdot b} = \frac{428 \cdot 41,7}{1,19 \cdot 0,9 \cdot (39,5)^2 \cdot 20} = 0,3$$

«Относительная высота сжатой зоны» [62]:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,3} = 0,36 \text{ см} < \xi_R = 0,70 \text{ см}$$

«Определим случай работы сечения, внецентренно сжатого усилием обжатия» [62]:

$$P_2 = 428 \text{ кН} < R_0 \cdot \gamma_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_f = 1,19 \cdot 0,9 \cdot 294 \cdot 4,5 = 1417 \text{ кН}$$

Сечение рассматривается как прямоугольное с шириной  $b'_f = 294$  см.

«Определим требуемую площадь арматуры в верхней зоне» [62]:

$$A_s = \frac{P_2 \cdot e - \alpha_0 \cdot R_0 \cdot \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_o^2}{R_{sc} \cdot h'_o} \quad (39)$$

$$A_s = \frac{428 \cdot 41,7 - 0,3 \cdot 1,19 \cdot 0,9 \cdot 294 \cdot 41^2}{36 \cdot 39,5} = -99 \text{ см}^2 \leq A_s = 0,5 \text{ см}^2$$

где  $A_s = 0,5 \text{ см}^2$  – для 4 диаметром 4 В500, сетка С-1.

«Условие выполняется, принятой арматуры для армирования полки плиты (сетка С-1) достаточно» [62].

Произведем проверки в верхней зоне по образованию трещин из условия  $M \leq M'_{\text{срс}}$ :

$$M = 0,86 \text{ кН}\cdot\text{м} < M'_{\text{срс}} = 261 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

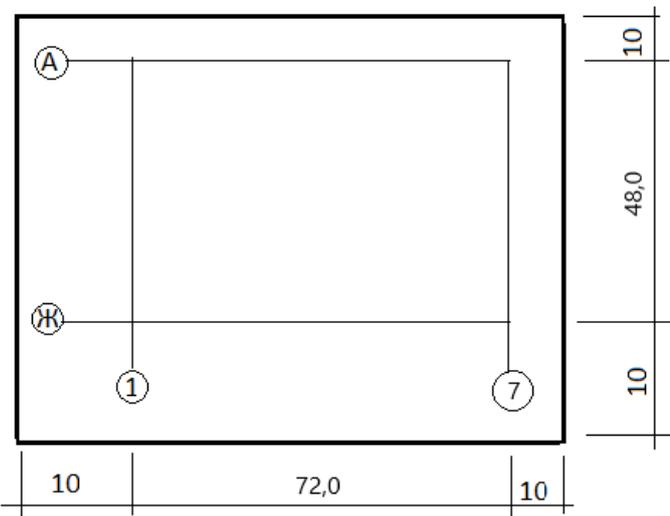
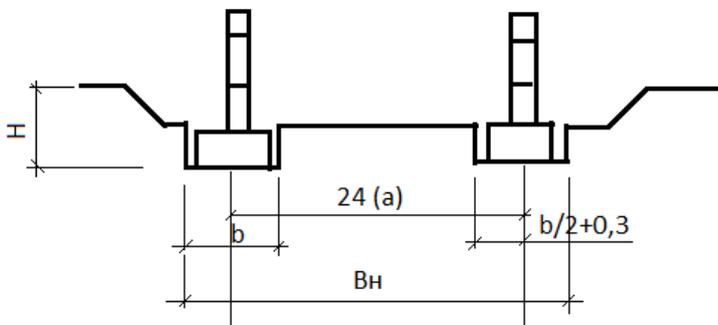
«Условие выполняется, трещины в опорном сечении в стадии изготовления не образуются» [62].

### 3 Технология строительства

#### 3.1 Общая часть

Ведомость объемов СМР представлена в табл. 5.

Таблица 5 – Ведомость объемов строительно-монтажных работ

№	Наименование работ	Объем работ		Примечание
		ед. изм.	кол-во	
1	«Срезка растительного слоя бульдозером ДЗ-8	1000 м <sup>2</sup>	6,25	 $F_{\text{срез}} = (L_{\text{пл}}+20) \times (B_{\text{пл}}+20) = (72,0+20) \times (48,0+20) = 6250 \text{ м}^2$
2	Предварительная (грубая) планировка площадки бульдозером ДЗ-8	1000 м <sup>2</sup>	6,25	$F_{\text{пл}} = F_{\text{срез}} = 6250 \text{ м}^2$
3	Разработка грунта экскаватором с обратной лопатой (в отвал)» [69]	100 м <sup>3</sup>	21,63	 $V_{\text{сп}} = F_{\text{пл}} \times h_{\text{сп}} = 6250 \times 0,346 = 2163 \text{ м}^3$

Продолжение табл. 5

№	Наименование работ	Объем работ		Примечание
		ед. изм.	кол-во	
4	То же, с погрузкой в транспортное средство	100 м <sup>3</sup>	2,01	$V_{\text{ср}} (\text{погрузка}) = (0,09 \dots 0,95) \times V_{\text{ср}} = 0,093 \times 2163 = 201 \text{ м}^3$
5	«Зачистка дна траншеи вручную»	100 м <sup>3</sup>	1,65	$V_{\text{зачист}} = L_{\text{пл}} \times B_{\text{пл}} \times h_{\text{зачист}} = 72,0 \times 48,0 \times 0,048 = 165 \text{ м}^3$
6	Разработка и перемещение грунта бульдозером на расстояние до 10 м	100 м <sup>3</sup>	21,63	$V_{\text{разр}} (\text{перем}) = V_{\text{ср}} = 2163 \text{ м}^3$
7	Устройство бетонной подготовки	м <sup>3</sup>	35,00	$V_{\text{БП}} = 2 \times (L_{\text{пл}} + B_{\text{пл}}) \times h_{\text{БП}} \times b_{\text{БП}} = 2 \times (72,0 + 48,0) \times 0,05 \times 2,9 = 35,0 \text{ м}^3$
8	Установка арматуры	т	28,00	$M = V_{\text{БП}} \times m = 35,0 \times 0,8 = 28,0 \text{ т}$
9	Устройство опалубки	м <sup>2</sup>	454,00	$F_{\text{опал}} = 2 \times (L_{\text{пл}} + B_{\text{пл}}) \times h_{\text{опал}} = 2 \times (72,0 + 48,0) \times 1,9 = 454,0 \text{ м}^2$
10	Укладка бетонной смеси	м <sup>3</sup>	177,90	$V_{\text{БС}} = L_{\text{пл}} \times B_{\text{пл}} \times h_{\text{БС}} = 72,0 \times 48,0 \times 0,051 = 177,9 \text{ м}^3$
11	Установка анкерных болтов» [69]	шт.	48,00	Согласно ведомости анкерования
12	Разборка опалубки	м <sup>2</sup>	454,00	$F_{\text{опал}} (\text{разб}) = F_{\text{опал}} = 454,0 \text{ м}^2$
13	«Прием бетонной смеси	100 м <sup>3</sup>	1,78	$V_{\text{БС}} (\text{прием}) = V_{\text{БС}} = 178,0 \text{ м}^3$
14	Уход за бетоном	100 м <sup>3</sup>	15,00	$V_{\text{уход}} = V_{\text{БС}} \times H_{\text{ср}} = 178,0 \times 8,4 = 1500 \text{ м}^3$
15	Установка фундаментных балок» [69]	шт.	20,00	Согласно плану здания (сетка 12,0×24,0 м)
16	«Засыпка траншей бульдозером с перемещением грунта до 10 м	100 м <sup>3</sup>	19,50	$V_{\text{засып}} = 0,9 \times V_{\text{ср}} = 0,9 \times 2163 = 1950 \text{ м}^3$
17	Засыпка траншей вручную»	1 м <sup>3</sup>	224,00	$V_{\text{засып руч.}} = (0,11 \dots 0,12) \times V_{\text{засып}} = 0,115 \times 1950 = 224,0 \text{ м}^3$
18	Уплотнение грунта виброкатком Д-480	100 м <sup>3</sup>	22,39	$V_{\text{упл}} = F_{\text{пл}} \times h_{\text{упл}} = 6250 \times 0,36 = 2239 \text{ м}^3$
19	Установка колонн до 20 т	шт.	21,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл. 5, крайние и средние колонны) и плана здания» [69]
20	«Заделка стыков колонн с фундаментом	1 стык	21,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл. 5, крайние и средние колонны) и плана здания
21	Монтаж вертикальных связей	шт.	3,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций и плана здания
22	Монтаж стоек фахверка	шт.	12,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл. 5, фахверковые колонны) и плана здания
23	Установка подкрановых балок	шт.	24,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл.5, подкрановая балка) и плана здания» [69]
24	«Установка ферм	шт.	14,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл.5, стропильная ферма) и плана здания
25	Укладка плит покрытия размером 3×12 м	шт.	96,00	$N_{\text{пл. покрыт}} = (L_{\text{пл}} \times B_{\text{пл}}) / (F_{\text{пл. покрыт}}) = (72,0 \times 48,0) / (3,0 \times 12,0) = 96 \text{ шт.}$
26	Заливка швов плит покрытия	10 м шва	130,00	$L_{\text{зал}} = L_{\text{пл}} \times (B_{\text{пл}} / B_{\text{пл. покрыт}} - 1) + B_{\text{пл}} \times (L_{\text{пл}} / L_{\text{пл. покрыт}} - 1) = 72,0 \times (48,0 / 3,0 - 1) + 48,0 \times (72,0 / 12,0 - 1) = 1300 \text{ м}$
27	Установка наружных стеновых панелей площадью до 10 м <sup>2</sup>	шт.	59,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл.5, стеновые панели)» [69]
28	«Установка наружных стеновых панелей площадью до 15 м <sup>2</sup>	шт.	81,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл. 5, стеновые панели)
29	Установка наружных стеновых панелей площадью до 25 м <sup>2</sup>	шт.	24,00	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл. 5, стеновые панели)
30	Конопатка, зачеканка и расшивка швов стеновых панелей	10 м шва	98,20	Аналогично п. 26
31	Монтаж оконных стальных переплетов	т	19,00	Согласно спецификации оконных поемов» [69]
32	«Кладка стен из кирпича (при заполнении стен каркасных зданий)	1 м <sup>3</sup>	90,00	$V_{\text{кл. стен}} = 2 \times (L_{\text{пл}} + B_{\text{пл}}) \times 1,5 \times I_{\text{кирп}} = 2 \times (72,0 + 48,0) \times 1,5 \times 0,25 = 90,0 \text{ м}^3$
33	Кладка внутренних стен толщиной 380 мм	1 м <sup>3</sup>	247,00	$V_{\text{кл. стен 380}} = 2 \times (L_{\text{пл}} + B_{\text{пл}}) \times h_{\text{стен}} \times b_{\text{стен}} = 2 \times (72,0 + 48,0) \times 2,7 \times 0,38 = 247,0 \text{ м}^3$
34	Кладка внутренних стен толщиной 250 мм	1 м <sup>3</sup>	319,00	$V_{\text{кл. стен 250}} = 2 \times (L_{\text{пл}} + B_{\text{пл}}) \times h_{\text{стен}} \times b_{\text{стен}} = 2 \times (72,0 + 48,0) \times 5,7 \times 0,25 = 319,0 \text{ м}^3$
35	Укладка перемычек	1 проем	13,00	Согласно ведомости перемычек» [69]

Продолжение табл. 5

№	Наименование работ	Объем работ		Примечание
		ед. изм.	кол-во	
36	Установка дверных блоков	100 м <sup>2</sup>	31,00	Согласно ведомости дверных блоков
37	«Монтаж стальных рам ворот	1 рама	7,00	Согласно ведомости ворот
38	Навеска ворот	1 м <sup>2</sup>	52,00	Согласно ведомости ворот
39	Устройство стяжек	100 м <sup>2</sup>	69,12	Стяжка пола и потолка (покрытия): $V_{УС} = 2 \times (L_{пл} \times B_{пл}) = 2 \times (72,0 \times 48,0) = 6912 \text{ м}^3$
40	Устройство пароизоляции	100 м <sup>2</sup>	34,56	$V_{УПИ} = L_{пл} \times B_{пл} = 72,0 \times 48,0 = 3456 \text{ м}^2$
41	Устройство теплоизоляции	100 м <sup>2</sup>	34,56	$V_{УТИ} = L_{пл} \times B_{пл} = 72,0 \times 48,0 = 3456 \text{ м}^2$
42	Устройство гидроизоляции	100 м <sup>2</sup>	34,56	$V_{УГИ} = L_{пл} \times B_{пл} = 72,0 \times 48,0 = 3456 \text{ м}^2$
43	Устройство полов из керамических плиток	м <sup>2</sup>	19,00	Санузлы площадью 19,0 м <sup>2</sup> . По экспликации помещений на плане
44	Устройство бетонных полов	100 м <sup>2</sup>	6,20	Непроизводственные помещения, склады, коридоры и т.д. площадью 620,0 м <sup>2</sup> . По экспликации помещений на плане
45	Устройство наливных полов	100 м <sup>2</sup>	27,60	Основные производственные участки площадью 2760,0 м <sup>2</sup> . По экспликации помещений на плане
46	Устройство бетонного подстилающего слоя	100 м <sup>2</sup>	34,00	Основные производственные участки и непроизводственные помещения (п. 44 + п. 45) (620,0 + 2760,0 = 3380,0 м <sup>2</sup> ), рабочие площадки площадью 20,0 м <sup>2</sup> . По экспликации помещений на плане
47	Оштукатуривание кирпичных стен	100 м <sup>2</sup>	5,00	$F_{штук} = (2 \times (L_{пл} + B_{пл}) - L_{проем}) \times h_{штук} = (2 \times (72,0 + 48,0) - 40,0) \times 2,50 = 500,0 \text{ м}^2$
48	Затирка стеновых панелей	100 м <sup>2</sup>	15,20	Согласно спецификации сборных элементов конструкций (табл. 5, стеновые панели)
49	Оштукатуривание колонн	100 м <sup>2</sup>	1,97	По спецификации ЖБИ (табл. 5 – колонны)
50	Штукатурная отделка проемов	м <sup>2</sup>	16,00	По ведомости заполнения проемов» [69]
51	«Окрашивание водоэмульсионными красками стен	100 м <sup>2</sup>	22,20	$F_{окр. стен} = 2 \times (L_{пл} + B_{пл}) \times h_{стен} - L_{проем} \times h_{проем} = 2 \times (72,0 + 48,0) \times 10,2 - 40,0 \times 5,7 = 2220,0 \text{ м}^2$
52	Окрашивание водоэмульсионными красками потолков	100 м <sup>2</sup>	34,56	$V_{ВЭК} = L_{пл} \times B_{пл} = 72,0 \times 48,0 = 3456 \text{ м}^2$
53	Окрашивание масляными красками дверей	100 м <sup>2</sup>	0,40	По ведомости заполнения дверных проемов» [69]

### 3.1.1 Выбор основных методов производства работ

При возведении здания применяется последовательно-параллельная методика управления строительством, включающая назначение каждой стадии проекта отдельной группе специалистов, оснащенной всем необходимым оборудованием и инструментом. Этот подход делает возможным не только последовательное выполнение аналогичных задач, но и одновременное реализацию разнообразных строительных процессов.

Применяем комплексный метод к установке, учитываем пространственные и функциональные особенности, а также специфические структурные характеристики проектируемого объекта. Этот метод

предполагает последовательное размещение как идентичных, так и отличающихся компонентов конструкций в пределах данного объекта или рабочей зоны.

«Норма продолжительности строительства здания – 6 месяцев» [53].

### **3.1.2 Организация труда рабочих**

В соответствии с особенностями выполняемых работ, команды делятся на мультидисциплинарные и фокусированные. Мультидисциплинарные команды создаются для реализации обширного перечня заданий, целью которых является достижение завершенности строительного объекта или ключевых фаз проекта, в том числе монтажа элементов.

Реализация норм охраны труда предусматривает обязательное предоставление работникам администрацией персональных средств защиты: специализированной одежды, обуви, защитных головных уборов. В числе мер коллективной защиты выделяют монтаж преград на строительных объектах для предотвращения падений, осветительных устройств для исключения травматизма в условиях недостаточной видимости, систем вентиляции для обеспечения оптимального микроклимата, а также использование механизмов, предотвращающих несчастные случаи на производстве. Не менее важно оборудование помещений для санитарных нужд и отдыха в соответствии с нормами, зависящими от характера трудовой деятельности, обеспечивая тем самым достойные условия пребывания на рабочем месте, возможности для восстановления, приема пищи и отдыха.

При осуществлении строительного-монтажных процессов критически важно соблюдение предписаний по охране труда и технике безопасности, определенных в соответствующих «нормативных документах, в частности указанных в источниках» [71, 72].

### **3.1.3 Обеспечение качества строительного-монтажных работ**

Управление качеством и рисками в области строительства осуществляется в соответствии со стандартом [79]. Чтобы соответствовать этим критериям, строительная фирма реализует комплексные действия, включающие технический контроль, финансовую экспертизу и управление проектами, гарантируя тем самым превосходство результатов на протяжении всего срока реализации проекта.

Специалисты, ответственные за надзор за соблюдением строительных и монтажных норм, могут быть как внутренними сотрудниками застройщика, так и внешними консультантами. Они используют профессиональное техническое снаряжение, обеспечивая детальный анализ и точность результатов проверок.

Контроль качества в строительной индустрии включает в себя комплексные процедуры, начиная с анализа и экспертизы проектно-технической документации, «осуществления инспекций качества строительных элементов, материалов, изделий и технических устройств до их применения, ведения надзора за соответствием работ установленным стандартам на различных этапах строительства» [78] и заканчивая итоговым освидетельствованием готовности объекта по завершении всех строительного-монтажных операций.

При первоначальной верификации рабочей документации происходит анализ на наличие всех необходимых и соответствующих техническим требованиям данных для реализации проектных работ.

В процессе производства и поставки строительных компонентов, в том числе конструктивных элементов, готовых изделий, материалов и оборудования, осуществляется тщательный визуальный осмотр на предмет их соответствия утвержденным стандартам и требованиям проектной документации. Это включает в себя проверку наличия, полноты и правильности информации в документации, сопровождающей продукцию,

включая технические паспорта, сертификаты качества и прочие важные документы.

«Операционный контроль проводится на всех этапах стройки или в ходе производственной деятельности, обеспечивая своевременное выявление дефектов и внедрение корректирующих мер для их устранения и предупреждения» [53].

В рамках операционного контроля осуществляется детальный анализ соблюдения применяемых технологий строительства для обеспечения их точности, а также проводится верификация соответствия реализованных конструктивных элементов зданий и сооружений проектным спецификациям. Помимо этого, осуществляется аудит рабочих операций на предмет их «соответствия актуальным строительным кодексам, нормативам и стандартам. Информация о проведенных проверках и полученных результатах заносится в специализированный журнал регистрации» [69].

«В процессе приемочного контроля осуществляется детальная проверка качества выполненных строительных» [69] и монтажных работ, а также осуществляется оценка всех критически важных элементов конструкции. Для того чтобы проверить скрытые работы, выполняются специализированные инспекции, результаты которых оформляются соответствующими документами. Установленное требование о необходимости наличия официально оформленных документов об инспекции для всех скрытых работ перед продолжением следующих этапов строительства гарантирует соблюдение высоких стандартов качества и обеспечивает безопасность во время строительства.

«На всех стадиях строительства должен выборочно осуществляться инспекционный контроль» [78].

В контексте данных, полученных в результате проведения производственного аудита и проверок качества строительно-монтажных работ, необходимость разработки стратегий для устранения выявленных дефектов становится очевидной. В этом процессе особое значение имеет учет

как замечаний и предложений, представленных авторским надзором от организаций-разработчиков проектов, так и требований, выдвигаемых контролирующими органами государственной власти, действующими в рамках существующих правовых и нормативных актов.

## **3.2 Технологическая карта на монтаж элементов сборного железобетонного каркаса**

### **3.2.1 Область применения**

Инструкция по технологии предназначена для последовательной установки несущих конструкций бетонного каркаса здания одноэтажного производственного объекта длиной 72 метра, имеющего два пролета по «24 метра каждый, оборудованных кран-балками, способными поднимать нагрузку до 10 тонн» [69].

«В состав работ, предусмотренных картой, входят:

- монтаж колонн;
- заделка стыков колонн с фундаментом;
- монтаж стальных вертикальных связей по колоннам;
- монтаж подкрановых балок;
- монтаж стропильных ферм;
- монтаж плит покрытия;
- монтаж стеновых панелей;
- законопатка и заделка швов стеновых панелей;
- монтаж стальных оконных блоков» [78].

### 3.2.2 Определение объемов монтажных работ

«Определение объема работ производится с учетом данных, полученных из проектных документов и чертежей. Данные о вычисленных объемах заносятся в список комплектующих строительных элементов» [69] (табл. 6).

«Трудоемкость выполнения строительных процессов определяем по ЕНиР на строительные-монтажные работы» [69].

Таблица 6 – Спецификация сборных элементов конструкций

Наименование элементов или видов работ	Ед. изм.	Кол-во	Масса, т		Габариты, мм		
			элемента	общая	длина	ширина	высота
«Колонны:							
крайние	шт.	14	13,7	191,8	11950	500	800
средние	шт.	7	13,7	95,8	11950	600	800
фахверковые	шт.	12	5,93	71,16	12600	400	500
Подкрановая балка	шт.	24	5,4	129,6	12000	140	1400
Стропильная ферма	шт.	14	10,6	148,4	23960	240	3300
Плиты покрытия	шт.	96	4,2	403,2	12000	3000	450
Стеновые панели:							
6,0×1,8 м	шт.	47	3,5	164,5	6000	1800	300
6,0×1,2 м	шт.	59	2,3	135,7	6000	1200	300
12,0×1,2 м	шт.	34	5	170» [69]	12000	1200	300
12,0×1,8 м	шт.	24	7,3	<u>175,2</u>	12000	1800	300
				Σ1685,4			

### 3.2.3 Контроль качества по монтажу железобетонных конструкций

Контроль качества работ по монтажу сборных конструкций включает проверку:

- качества конструкций и материалов, применяемых при монтаже сооружений и заделке монтажных стыков;
- соблюдения технологии и последовательности выполнения монтажных работ;
- геометрических размеров и положения смонтированных частей сооружений;
- качества монтажных соединений, замоноличивания и герметизации стыков и швов;

– «готовности смонтированных частей сооружений к производству последующих работ» [69].

«Перед монтажом конструкций» [69] важно выполнить и одобрить процедуры предварительного планирования и разметки, а также настроить и осуществить тестирование функциональности монтажного оборудования, подготовить крепежные детали к процессу установки.

Обновление информации о прогрессе строительно-монтажных работ (СМР) должно происходить каждый день с последующей фиксацией в узкоспециализированные документы. В число этих документов входят регистрационные журналы, которые детально отражают этапы монтажа элементов зданий, проведение сварочных операций, использование техник антикоррозийной обработки металлоконструкций, а также этапы бетонирования соединительных швов и важных конструктивных точек. Одновременно критически необходимо контролировать и адекватно документировать позиционирование конструктивных элементов в пространстве с помощью геодезических исполнительных чертежей.

При монтаже элементов должны быть обеспечены:

- устойчивость и неизменяемость их положения на всех стадиях монтажа;
- безопасность производства работ;
- точность их положения с помощью постоянного геодезического контроля;
- прочность монтажных соединений.

«Строительные структуры должны быть установлены в соответствии с проектной документацией, применяя обозначения (линии, маркировки, базовые точки, края) или используя специальные анкерные детали для их фиксации» [78].

При приемочном контроле должна быть представлена следующая документация:

– исполнительная «схема строительства, обогащенная обновленными проектными решениями, интегрированными изготовителем и монтажной организацией после одобрения архитекторами, включает в себя также официальные документы и записи, удостоверяющие эти процессы» [69];

– заводские технические паспорта на стальные, железобетонные и деревянные конструкции;

– «документация, включая сертификаты соответствия и паспорта качества, удостоверяющая соответствие материалов, применяемых в строительстве и монтаже, установленным стандартам» [69];

– акты освидетельствования скрытых работ;

– акты промежуточной приемки ответственных конструкций;

– исполнительные геодезические схемы положения конструкций;

– журналы работ;

– документы о контроле качества сварных соединений;

– акты испытания конструкций (если испытания предусмотрены рабочими чертежами);

– другие документы, указанные в дополнительных правилах или рабочих чертежах.

## **4 Организация строительства**

### **4.1 Разработка календарного плана**

Центральным компонентом документации, задействованной в проектных и производственных процессах, выступает график работ. Этот план делится на две ключевые части: аналитическую и графическую. Графическая часть демонстрирует взаимосвязи между различными этапами строительства, наглядно показывая длительность каждой стадии и итоговый период завершения всех работ. Этот сегмент плана создается на основе анализа архитектурных проектов и технических чертежей.

Список необходимых заданий систематизируется по ряду последовательных фаз, охватывающих подготовительные работы, осуществление земельных манипуляций, реализацию монтажных процедур, в дополнение к оптимизации территориальных показателей.

#### **4.1.1 Проектирование календарного плана и определение трудоемкости работ**

Повышение скорости возведения объектов достигается через параллельную реализацию отдельных этапов строительства. Продолжительность выполнения проекта в сфере строительства установлена в 148 дней. Для обеспечения эффективной работы и постоянной занятости сотрудников применяется система сменности, адаптированная под разнообразные специальности работников. Значение показателя равномерности загрузки рабочей силы находится в следующих рамках: норма – 1,5...2,0; фактическое значение – 2.

Согласно графику работ, установлены конечные сроки для завершения различных этапов строительства, разработана последовательность применения строительной техники, а также определено время доставки

основных конструкционных компонентов, деталей и строительных материалов, все это включено в документ, известный как календарный план.

Ключевые строительные материалы обеспечены на пять дней вперед. Экономические и технические аспекты проектных и плановых заданий зафиксированы в соответствующем разделе рабочего плана. Каждый этап проекта можно декомпозировать на серию связанных задач, выполняемых по «строгой схеме: выполнение земляных работ; создание оснований; сборка каркаса; строительство внешних стен; возведение внутренних стен и монтаж оконных и дверных блоков; обустройство крыши; настил полов; проведение отделочных работ» [78]; выполнение иных задач.

Процесс работы осуществляется в двухсменном режиме, при этом длительность каждой смены составляет 8 часов. Для определения трудоемкости задач применяются нормативы из справочников Единичных Норм и Расценок (ЕНиР), результаты анализа которых представлены в табл. 7.

Таблица 7 – Трудоемкость работ

№	Наименование	Объем работ		Разделы ЕЭСН	Норма времени		Трудоемкость		Продолжительность, дни	Состав бригады	Кол-во чел.	Кол-во смен	Потребность в механизмах	
		ед. изм.	количество		чел-ч	маш-ч	чел-ч	маш-ч					наименование	количество
1	Срезка растительного слоя бульдозером ДЗ-8	1000 м <sup>2</sup>	6,25	2-1-5	1,8	1,8	11,25	11,25	0,7	машинист бр.-1	1	2	ДЗ-8	1
2	«Предварительная (грубая) планировка площадки бульдозером ДЗ-8	1000 м <sup>2</sup>	6,25	2-1-35	0,29	0,29	1,8	1,8	0,3	машинист 5р.-1	1	1	ДЗ-8	1
3	Разработка грунта экскаватором с обратной лопатой (в отвал)	100 м <sup>3</sup>	21,63	2-1-11	2,1	2,1	45	45	3,0	машинист бр.-1	1	2	Э-652	1
4	То же, с погрузкой в транспортное средство	100 м <sup>3</sup>	2,01	2-1-11	2,6	2,6	5,2» [69]	5,2	0,7	машинист бр.-1	1	1	Э-652	1
5	Зачистка дна траншеи вручную	100 м <sup>3</sup>	1,655	2-1-60	13,5	-	22,3	-	1,4	землекоп 2р.-1	6	2	-	-
6	«Разработка и перемещение грунта бульдозером на расстояние до 10 м	100 м <sup>3</sup>	21,63	2-1-22	0,55	0,55	11,9	11,9	0,7	машинист 5р.-1	1	2	ДЗ-8	1
7	Устройство бетонной подготовки	м <sup>3</sup>	35	2-1-49	0,42	-	14,7	-	1	бетонщик 4р.-1 бетонщик 2р.-1	2	2	-	-
8	Установка арматуры	Т	28	2-1-44	0,42	-	11,7	-	0,7	арматурщик 4р.-1 арматурщик 2р.-1	2	2	-	-

Продолжение табл. 7

№	Наименование	Объем работ		Разделы ГЭСН	Норма времени		Трудоемкость		Продолжительность, дни	Состав бригады	Кол-во чел.	Кол-во смен	Потребность в механизмах	
		ед. изм.	количество		чел-ч	маш-ч	чел-ч	маш-ч					наименование	количество
9	Устройство опалубки	м <sup>2</sup>	454	2-1-38	0,28	-	127	-	4	слесарь 4р.-1	2	2	-	-
10	Укладка бетонной смеси	м <sup>3</sup>	177,9	2-1-49	0,33	-	58,7	-	4	бетонщик 4р.-1 бетонщик 2р.-1	2	2	-	-
11	Установка анкерных болтов	шт.	48	2-1-54	0,59	-	28	-	2	бетонщик 4р.-1 бетонщик 3р.-1	2	2	-	-
12	Разборка опалубки	м <sup>2</sup>	454	2-1-38	0,2	-	90,8	-	3	слесарь 3р.-1» [69]	2	2	-	-
13	«Прием бетонной смеси	100 м <sup>3</sup>	1,78	2-1-54	8,2	-	14,6	-	1	бетонщик 2р.-1	1	2	-	-
14	Уход за бетоном	100 м <sup>3</sup>	15	2-1-54	0,14	-	2,1	-	0,3	бетонщик 2р.-1	1	1	-	-
15	Установка фундаментных балок	шт.	20	4-1-6	1,9	0,38	38	7,6	3	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-2, 2р.-1 машинист 6р.-1	6	2	СКГ-63	1
16	Засыпка траншей бульдозером с перемещением грунта до 10 м	100 м <sup>3</sup>	19,5	2-1-34	0,62	0,62	12,1	12,1	1	машинист 5р.-1	1	2	ДЗ-8	1
17	Засыпка траншей вручную	1 м <sup>3</sup>	224	2-1-58	0,5	-	112	-	4	землекоп 2р.-1 землекоп 1р.-1	4	2	-	-
18	Уплотнение грунта виброкатком Д-480	100 м <sup>3</sup>	22,39	2-1-32	0,07	-	1,6	-	0,2	тракторист 5р.-1	1	1	Д-480	1
19	Установка колонн до 20 т	шт.	21	2-1-32	9,5	1,9	200	40	14	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-2, 2р.-1 машинист 6р.-1	6	2	СКГ-63	1
20	Заделка стыков колонн с фундаментом	1 стык	21	2-1-32	1,2	-	25	-	2	монтажник 4р.-1, 3р.-1» [69]	2	2	-	-
21	«Монтаж вертикальных связей	шт.	3	5-1-6	0,35	0,12	1,05	0,36	0,2	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1 машинист 6р.-1	4	1	СКГ-63	1
22	Монтаж стоек фахверка	шт.	12	5-1-6	0,96	0,32	36	7,2	2,2	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1 машинист 6р.-1	4	2	СКГ-63	1
23	Установка подкрановых балок	шт.	24	4-1-6	7,5	1,5	180	36	11	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-2, 2р.-1 машинист 5р.-1	6	2	СКГ-63	1
24	Установка ферм	шт.	14	4-1-6	9,5	1,9	133	26,6	8	монтажник 6р.-1, 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1, 2р.-1» [69] машинист 6р.-1	6	2	СКГ-63	1
25	«Укладка плит покрытия размером 3×12 м	шт.	96	4-1-7	1,9	0,47	182	45,1	11	монтажник 4р.-1, 3р.-2, 2р.-1 машинист 6р.-1	5	2	СКГ-63	1
26	Заливка швов плит покрытия	10 м шва	130	4-1-26	4	-	520	-	16	монтажник 4р.-1, 3р.-1» [69]	4	2	-	-
27	«Установка наружных стеновых панелей площадью до 10 м <sup>2</sup>	шт.	59	4-1-8	3	0,75	177	44	11	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1, 2р.-1 машинист 6р.-1	5	2	СКГ-63	1
28	Установка наружных стеновых панелей площадью до 15 м <sup>2</sup>	шт.	81	4-1-8	4	1	324	81	20	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1» [69] машинист 6р.-1	4	2	СКГ-63	1
29	«Установка наружных стеновых панелей площадью до 25 м <sup>2</sup>	шт.	24	4-1-8	4,8	1,2	115	29	7	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1, 2р.-1 машинист 6р.-1	5	2	СКГ-63	1
30	Конопатка, зачеканка и расшивка швов стеновых панелей	10 м шва	98,2	4-1-28	2,7	-	265	-	3	монтажник 4р.-1	5	2	-	-
31	Монтаж оконных стальных переплетов	Т	19	5-1-15	4,3	1,4	82	27	5	монтажник 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1 машинист 6р.-1 электросварщик 4р.-1	5	2	СКГ-63» [69]	1

Продолжение табл. 7

№	Наименование	Объем работ		Разделы ГЭСН	Норма времени		Трудоемкость		Продолжительность, дни	Состав бригады	Кол-во чел.	Кол-во смен	Потребность в механизмах	
		ед. изм.	количество		чел-ч	маш-ч	чел-ч	маш-ч					наименование	количество
32	Кладка стен из кирпича (при заполнении стен каркасных зданий)	1 м <sup>3</sup>	90	3-3	2,5	-	225	-	2	каменщик 3р-1	10	2	-	-
33	«Кладка внутренних стен толщиной 380 мм	1 м <sup>3</sup>	247	3-3	3,2	-	790	-	10	каменщик 3р-2	10	2	-	-
34	Кладка внутренних стен толщиной 250 мм	1 м <sup>3</sup>	319	3-3	3,7	-	1180	-	15	каменщик 3р-2	10	2	-	-
35	Укладка перемычек	1 проем	13	3-17	0,57	-	7,4	-	1	каменщик 4р-1, 3р-1	2	1	-	-
36	Установка дверных блоков	100 м <sup>2</sup>	31	6-13	13,4	-	415	-	6	плотник 4р-1, 2р-1	4	2	-	-
37	Монтаж стальных рам ворот	1 рама	7	5-1-6	0,3	0,1	2,1	0,7	0,3	монтажник 5р.-1, 4р-1, 3р-1 машинист 6р-1	4	1	СКГ-63	1
38	Навеска ворот	1 м <sup>2</sup>	52	6-13	0,24	0,12	12	6,24	0,8	плотник 4р-1, 2р-1, машинист 5р-1	3	1	-	-
39	Устройство стяжек	100 м <sup>2</sup>	69,12	7-15	13,5	-	933	-	20	изолировщик 4р-1, 3р-1	6	-	-	-
40	Устройство пароизоляции	100 м <sup>2</sup>	34,56	7-13	6,7	-	232	-	5	изолировщик 3р.-1, 2р.-1	6	2	-	-
41	Устройство теплоизоляции	100 м <sup>2</sup>	34,56	7-14	2,5	-	86,4	-	2	изолировщик 3р-1, 2р-1	6	2	-	-
42	Устройство гидроизоляции	100 м <sup>2</sup>	34,56	7-2	4,8	-	166	-	3,5	кровельщик 4р-1, 3р-1	6	2	-	-
43	Устройство полов из керамических плиток	м <sup>2</sup>	19	19-19	0,64	-	12,2	-	1	плиточник 4р.-1, 3р.-1	2	1	-	-
44	Устройство бетонных полов	100 м <sup>2</sup>	6,2	19-31	9,6	-	59,5	-	4	бетонщик 4р.-1, 2р.-1	2	1	-	-
45	Устройство наливных полов	100 м <sup>2</sup>	27,6	19-35	7,8	-	208	-	13	облицовщик 4р.-1, 3р.-1, 2р-1	3	2	-	-
46	Устройство бетонного подстилающего слоя	100 м <sup>2</sup>	34	19-38	7,5	-	255	-	16	бетонщик 3р-1, 2р-1	2	2	ВР	1
47	Оштукатуривание кирпичных стен	100 м <sup>2</sup>	5	8-1-2	42,9	3,3	214	16,5	7	штукатур 4р-1, 3р-1, 2р-1 машинист РН 3р-1	8	2	РН	2
48	Затирка стеновых панелей	100 м <sup>2</sup>	15,2	8-1-2	21	-	319	-	10	штукатур 4р-1, 3р-1, 2р-1	6	2	-	-
49	Оштукатуривание колонн	100 м <sup>2</sup>	1,97	8-1-2	27	3,3	53	6,5	2	штукатур 4р-1, 3р-1, 2р-1 машинист РН 3р-1	8	2	РН	2
50	Штукатурная отделка проемов	м <sup>2</sup>	16	8-1-3	2	-	32	-	1	штукатур 5р-1, 3р-1» [69]	4	2	-	-
51	«Окрашивание водоземulsionными красками стен	100 м <sup>2</sup>	22,2	8-1-15	2,5	-	55,5	-	1,5	маляр 4р.-1	2	2	ЭКП	1
52	Окрашивание водоземulsionными красками потолков	100 м <sup>2</sup>	34,56	8-1-15	4,3	-	148,6	-	5	маляр 4р.-1	2	2	ЭКП	1
53	Окрашивание масляными красками дверей	100 м <sup>2</sup> проемов	0,4	8-1-15	20,5	-	8,2	-	0,5	маляр 4р.-1» [69]	1	1	-	-

Пояснения: ВР – виброрейка; РН – растворонасос; ЭКП – электрокраскопульт.

#### **4.1.2 Выбор методов производства работ**

При разработке технологий производственного процесса особое внимание уделяется комплексному применению передового механизированного инструментария, что позволяет эффективно проводить разнообразные работы. Для реализации земляных операций привлекаются специализированные устройства: бульдозер ДЗ-8, установленный на шасси тягача ДТ-100, экскаватор Э-652 и автомобили ЗиЛ-ММЗ-555, предназначенные для транспортировки почвы.

Строительство объектов производится с применением гусеничного крана СКГ-63. За качественное выполнение кровельных рабочих операций отвечает арсенал техники, включающий ассенизационная машина Д-640 для работ с жидкостями, кран для нанесения битумной мастики "Пионер", аппаратура СО-98 для обработки рубероида и специализированная виброрейка для выравнивания покрытий. Перемещение материалов к месту строительства осуществляется на транспортном средстве ГАЗ-53А. Сварочные операции выполняются при помощи агрегата ТС-500, что обеспечивает надежное соединение деталей. Для формирования монолитных конструкций задействован пневмоколесный кран КС-5363. Применение данных технологических решений со механизированным оборудованием способствует достижению высокого качества строительства, соблюдению требований безопасности труда, а также обеспечивает непрерывность и эффективность производственных процессов.

##### **4.1.2.1 Выбор методов монтажа**

Ключевая особенность этого проекта заключается в его горизонтальном протяжении при сравнительно небольшой высоте структур, которые необходимо размещать в точно определенных локациях. Проект также предусматривает возможность транспортировки компонентов по открытым ареалам и обеспечивает беспрепятственный доступ для монтажного

оборудования во всей зоне работы. Такой подход обеспечивает эффективное использование автокранов с телескопическим механизмом для монтажных операций.

В процессе монтажа, придерживаясь определенной последовательности действий, «применяется метод отдельной установки. Сначала устанавливаются стойки и рельсы для кранов, затем происходит параллельный монтаж кровельных ферм и покрытий, обеспечивая надежность конструкции стоек и ферм» [78].

На основе предварительного анализа оптимального монтажного метода был выбран способ продольной установки. В процессе монтажа конструктивных элементов мостового крана, включая колонны и балки, используется автокран с телескопической стрелой, который передвигается вдоль ряда монтируемых элементов. «Для эффективного монтажа кровельных ферм и перекрытий автокран перемещается вдоль осевой линии, следуя через пролеты объекта. При установке стеновых панелей кран движется вокруг периметра строения, обеспечивая необходимую точность и эффективность работ» [53].

#### 4.1.2.2 Указание по подготовке объекта

«Возводимые конструкции монтируются строго в соответствии с нормативами» [80]. «Перед тем как приступить к монтажу каркаса, необходимо выполнить ряд подготовительных мероприятий: построение фундаментов для установки колонн и их последующая проверка» [78] на точность расположения как по плоскости, так и по высоте; выполнение обратной засыпки фундаментов до их верха; транспортировка конструктивных элементов и монтажного оборудования на место работ; разметка на ключевых элементах здания для обеспечения точности возводимых структур, прокладка маршрутов для легкой доступности

пешеходов и транспорта, а также подготовка специализированных зон для хранения стройматериалов.

#### 4.1.2.3 Земляные работы

Перед началом земляных работ для обустройства котлована предварительно удаляется поверхностный слой почвы, после чего для выравнивания территории под будущую постройку привлекается техника, такая как бульдозер модели ДЗ-8. Для обеспечения эффективного функционирования строительства на территории разбивают временные строения, обязательные для ведения работ, и организуют временное электрическое освещение за счёт подключения к электросети. Проводится монтаж первостепенных сетей инфраструктуры: водопровода, канализации, а также отопительной системы. Выполняется геодезическое обследование площадки для точной разметки осей будущего здания, готовится документация по итогам подготовительных мероприятий, проверяются координаты ключевых точек, а также доставляется необходимое оборудование и инструментарий на стройплощадку.

Выполнение работ по созданию котлованов и траншей осуществляется на глубине 1,6 метра с использованием экскаватора модели Э-652, комплектующегося обратно-лопатным ковшом вместимостью 0,65 кубических метра.

«Допустимая недоработка грунта в основании котлована экскаватором Э-652 – 15 см» [69].

Вначале применяется экскаватор для осуществления выкапывания объема земли, необходимого для создания котлована, за тем следует использование бульдозера для выравнивания дна. В ходе создания котлована, удаленный грунт отвозится за пределы зоны строительства при помощи самосвалов, а его часть повторно используется для процесса обратной

засыпки, целью которой является восстановление исходного ландшафта территории.

Чтобы повысить эффективность нагрузки почвы в грузовые отсеки грузовиков-самосвалов во время выкапывания оснований, транспортные средства устраивают так, что для выгрузки содержимого лопаты экскаватор должен выполнять вращение на угол, который не превышает 40 градусов.

При выполнении земляных работ критически важно гарантировать целостность всех размещённых на территории индикаторов, включая линии разбивки, вершины конструкций и геодезические маркеры. В случае непреднамеренного их ущерба, необходимо провести незамедлительное восстановление.

Восстановление ландшафта после прокладки инженерных сетей, включая возврат в исходное состояние котлованов и траншей, проводится с применением земли, хранящейся на временных складах. Для выполнения работ задействуется тяжелая строительная машина, такая как бульдозер ДЗ-8. Процесс засыпки охватывает уплотнение слоев почвы до требуемой компактности. При использовании специализированной техники глубина уплотненного слоя составляет до 30 см, в отличие от ручного способа утрамбовки, где слой составляет 20 см.

«Уплотнение грунта производится пневмотрамбовками» [69].

#### 4.1.2.4 Устройство фундамента стаканного типа

Для достижения высокой точности в позиционировании важных компонентов конструкции, геодезические метки транспортируются прямо к заранее подготовленным фундаментным ямам для последующего монтажа, где они фиксируются с применением металлических анкеров, вбиваемых в землю. Предварительная подготовка основания, включающая очистку поверхности ямы от мусора и грунта, обычно производится непосредственно до размещения ключевых элементов фундамента.

В процессе возведения оснований для индустриальных зданий с использованием предварительно изготовленных железобетонных блоков применяют кран КС-5363. Во время установки данных модулей и их промежуточного складирования учитывают потенциальную опасность сдвига грунта.

Этапы монтажа фундамента начинаются с доставки его блоков на место строительства при помощи подходящего транспортного средства. Для обеспечения чистоты котлована и исключения загрязнения выполняют очистку и последующее его покрытие защитными материалами. Следующий шаг – подъем блоков с использованием специализированного оборудования, в частности, грузоподъемных устройств типа Р-4-455-69, которые зацепляются за предусмотренные монтажные элементы. Размещение фундаментных элементов на строго заданные позиции обеспечивает прецизионное выравнивание согласно проекту, благодаря чему достигается необходимая точность конструкции. В процессе, если обнаруживаются несоответствия проектным параметрам, превышающие допустимые пределы, проводят повторный подъем блока, корректируют базу и производят повторную установку для гарантии достижения идеального положения.

Верификация установки блоков обеспечивается согласованием меток на их осевых линиях с помощью маркерных колышков. Аккуратность позиционирования оснований в вертикальной плоскости оценивается через применение нивелира.

После завершения установки фундамента происходит возврат ранее удаленного материала до достижения уровня верхней границы фундаментной конструкции. Следующий этап состоит из расположения ключевых элементов несущей структуры, в частности фундаментных балок, которые размещаются на заранее подготовленную базу, в том числе и на столбчатые опоры. Эта фаза монтажа основных компонентов выполняется с помощью автомобильного крана модели КС-5363, который выделяется своей автономностью в перемещении и высокой грузоподъемностью.

#### 4.1.2.5 Монтаж колонн

Запуск монтажа структур начинается с их систематического размещения на складской площадке в радиусе работы монтажного крана, что гарантирует выполнение технологической последовательности.

Установка колонн начинается после тщательной подготовки основания фундаментного котлована, обеспечивая точное позиционирование с «использованием измерительных инструментов в двух измерениях: горизонтальном и вертикальном» [69].

«Перестановка колонн в вертикальное состояние выполняется из горизонтального положения с использованием траверсы. Снятие строп с уже установленных колонн возможно только после их фиксации» [78] с помощью клиньев.

Процесс включает в себя строгий мониторинг установки колонн в вертикальном и горизонтальном измерениях, гарантируя их прямолинейное размещение. Последующим этапом является заполнение соединительных швов между столбами и основанием структуры герметиком. Удаление опорных клиньев осуществляется только после того, как бетон в соединениях достигает 70% необходимой прочности, предусмотренной в проектных расчетах. Для обеспечения равновесия конструкции вдоль её основной оси, центрически внедряются вертикальные укрепления.

Перед установкой подкрановых перекрытий необходимо завершить определенные подготовительные мероприятия: во-первых, обеспечить доступ к высотным местам установки путем монтажа временных монтажных лестниц с платформами на колоннах; во-вторых, провести тщательный визуальный контроль структур на наличие дефектов; в-третьих, выполнить разметку мест установки, включая черчение осей и меток; в-четвертых, выполнить сварочные работы по присоединению компонентов к базовым деталям на опорных точках.

#### 4.1.2.6 Монтаж подкрановых балок

Монтаж подкрановых балок производится при помощи траверсы.

«В процессе установки подкрановых путей критично важно добиться точного совпадения меток на нижних торцах данных балок с линиями» [78], предварительно нанесенными на выступающие части опорной конструкции. При определении итоговой высоты установки выбирается наибольшее значение, затем к анкерным элементам на опорах приваривают добавочные металлические элементы, позволяющие выполнить финишную регулировку уровня. В ходе контроля правильности размещения данных элементов применяется измерительная лента для фиксации расстояний вдоль основания крана от уже зафиксированных балок, с последующей корректировкой позиций на конечных сегментах. Адекватность расположения последующих балок проверяется путем сопоставления их осей со штриховыми указателями, что гарантирует высокую точность сборки конструкции.

После завершения точной корректировки положения крановых рельсов по их длинной оси производится монтаж связующих элементов к интегрированным частям опорного каркаса.

#### 4.1.2.7 Монтаж фермы и плиты

Монтаж ферменных структур осуществляется с применением горизонтального лифтингового механизма, известного как траверса. Перед тем как приступить к установке ферм, вертикальные стойки комплектуются дополнительными страховочными лестницами и платформами для выполнения работ. Работы по сборке структур происходят одновременно с укладкой кровель из панелей.

Фермерные элементы и кровельные панели размещаются вдоль продольной оси объекта строительства. Обеспечение стабильности ферменной системы с интервалами между фермами, составляющими 12 метров, достигается за счёт использования типовых опорных элементов.

Инициация установки главной фермы происходит с применением временных опор. Демонтаж этих временных упоров осуществляется в ходе установки элементов кровли и их последующем соединении путём сваривания.

В каждом сегменте, ограждённом парой опор, монтаж стеновых элементов осуществляется с использованием их максимальной высоты. Для достижения высокой степени точности во время монтажных работ применяются передовые геодезические технологии вместе с традиционными инструментами, включая плумб и уровень. Установка стеновой конструкции требует применения специфических подъёмников: монтажного устройства МШТС-2р (первая опция) либо подвесной платформы с возможностью поднять груз до 120 кг при собственном весе в 133 кг, которую крепят прямо к элементу (альтернативный метод).

#### 4.1.2.8 Устройство ворот

Дверная система, интегрированная в панельный ограждающий конструктив, представляет собой установленную железобетонную раму, подходящую под ограничения размеров для ее монтажа. В одной из частей данной системы встроена функциональность пешеходного прохода. Для листов двери, оформленных в стиле распашных ворот, предусмотрены фурнитура и петли. Разработка основания петель включает использование автоматически выравнивающихся шариковых подшипников, которые оптимизируют распределение нагрузки. Эти петли закрепляются методом сварки к специальным деталям рамной конструкции. Основа ворот, сделанная из прочной стали, дополняется панелями из древесины, что создает уникальный визуальный облик. Высота нижней части структуры фиксирована на уровне 2,08 м в соответствии с требованиями к проходному отверстию. Для защиты от прохождения воздуха по периметру рамы устанавливаются уплотнители из металлической ленты, а зазоры между дверными листами и

основанием закрываются прокладками из резины и брезента, препятствующими воздушным потокам.

#### 4.1.2.9 Устройство бетонного пола

Строительство бетонных поверхностей начинается с подготовки бетонного основания, поверхность которого для укрепления связи между слоями оставляют шероховатой. Транспортирование бетонной смеси к месту работы выполняется с помощью специализированных транспортных средств - автобетоносмесителей. Распределение бетона осуществляется полосами шириной около двух метров, при этом сначала заливаются поочерёдные сегменты, затем заполняются оставшиеся промежутки, что способствует равномерному распределению нагрузки и снижению риска деформаций. Для гарантии прямолинейности и равномерности краёв заливаемых полос применяются направляющие – маячные рейки. Уплотнение бетонной массы достигается за счёт использования вибрационных плит. Чтобы предотвратить появление трещин, связанных с усадкой, покрытие разделяется на секции размером 6×9 метров.

В ходе твердения бетона на его верхнем слое появляются эфлоресценции из слабосвязанных цементных или известковых частиц, которые отличаются уменьшенными показателями прочности и эластичности, обладают пористой структурой, не достаточной адгезией и подвержены быстрому изнашиванию. Чтобы улучшить функциональные характеристики бетонных поверхностей, важно произвести удаление этого слабого верхнего слоя для обнажения и последующего укрепления подлежащего более прочного слоя.

#### 4.1.2.10 Устройство кровли

До начала укладки кровельных материалов необходимо разбить крышу на отдельные участки. При применении предварительно напряженных железобетонных элементов в качестве основы и устройстве мембранного типа гидроизоляции, следует строго соблюдать заданную последовательность выполнения «работ по обустройству кровли.

- замоналичивание стыков несущих плит;
- затирка раствором и огрунтовка верхней поверхности ж/б плит под наклейку пароизоляции;
- укладка теплоизолирующих материалов на мастике;
- устройство и огрунтовка выравнивающих стяжек под гидроизоляционный ковер;
- наклейка основных и дополнительных слоев гидроизоляции;
- устройство защитного слоя» [69].

Использование стальных труб при доставке кровельной мастики на рабочую зону представляет собой наиболее подходящий метод её транспортирования. В рамках организации эффективной поставки кровельного материала на строительный участок, особое внимание стоит уделить электрическим лифтам, например, модели «Пионер», которые способствуют безопасной и оперативной доставке. Для перевозки листовых материалов, в том числе изоляционных, целесообразно использовать сочетание лифтов с прицепными тележками для подъема на кровлю и последующее перемещение по её поверхности с использованием электротележек, обеспечивающее удобство и эффективность процесса.

«Сопряжение кровли со стеной решается в виде карниза со свесом окаймляющих кровлю ж/б плит» [78].

#### 4.1.2.11 Контроль качества

«В рамках обеспечения качества в секторе работ по бетону и железобетону проводится детальная оценка качества используемой арматуры» [78] и бетонных смесей, состояния складских помещений для хранения компонентов, а также эффективности механизмов, предназначенных для смешивания бетона, точного дозирования его компонентов, и общего управления процедурами производства бетона. Этот процесс включает анализ готовности к «использованию конструкционных элементов и площадок для заливки, подготовку основания под строительство, установку опалубочных систем и сборку конструктивных единиц, а еще осуществляется контроль за качеством уже возведенных конструкций и принятие мер к исправлению обнаруженных дефектов. Для действенного управления качеством производства необходимо систематическое наблюдение за всеми этапами рабочего процесса, включая проведение лабораторных анализов и испытаний» [78], научное исследование при необходимости, а также аккуратное документирование всех действий и полученных данных в строгом соответствии с установленными техническими нормами и правилами.

При проведении качественного анализа анализируют соблюдение фактической прочности компонентов архитектурной конструкции проектным параметрам, оценивают устойчивость к морозу и проницаемость для воды в рамках норм и требований проектной документации.

## 4.2 Стройгенплан

Генеральный план строительства представляет собой комплексный обзор всех аспектов строительной логистики, играя ключевую роль в разработке проекта производства работ (ППР). Этот важный документ описывает расположение стройплощадки и прилегающей инфраструктуры, включая необходимость временных конструкций, подходы для доставки

материалов, сети для обеспечения коммуникаций, а также зоны для хранения материалов и размещения строительной техники. Он выступает в роли руководства для целесообразного и продуманного использования пространства при выполнении строительно-монтажных работ.

#### 4.2.1 Выбор монтажного крана по техническим параметрам

«Классификация строительного крана определяется исходя из объема строительства, расположения, массы монтируемых деталей, характеристик местности монтажа, технических особенностей и эффективности работы крановых установок» [78].

При подборе крана критично учесть ряд важных параметров: требуемую грузоподъемную способность, максимальную высоту поднятия крюка, минимальный радиус действия от центра вращения до окончания стрелы, и необходимую

«минимальную длину стрелы для выполнения работ» [69].

На рисунке 4 представлена схема для определения требуемых параметров стрелового крана.

«Требуемую грузоподъемность определяем по формуле» [69]:

$$Q_K = q_{Э} + q_{Т.П} \quad (40)$$

«где  $q_{Э}$  – масса элемента. Спецификация сборных железобетонных элементов приведена ниже в табл. 8.

$q_{Т.П}$  – масса такелажных приспособлений» [69].

$$Q_K = 3,09 + 0,05 = 3,14 \text{ т}$$

«Высоту головки стрелы крана определим по формуле» [69]:

$$H_C = h_M + h_O + h_{Э} + h_C + h_{П} \quad (41)$$

«где  $h_M$  – высота монтажного горизонта от уровня стоянки крана, м;

$h_O$  – высота подъема элемента над опорой:  $h_O = 1,0$  м;

$h_{\Theta}$  – толщина монтируемого элемента, м;

$h_C$  – высота строповки, м;

$h_{\Pi}$  – высота полиспаста:  $h_{\Pi} = 2,0$  м» [69].

«Минимальный вылет стрелы крана определим по формуле» [69]:

$$L_c = \frac{(b + b_1 + b_2) \cdot (H_c - h_{\text{ш}})}{h_{\Pi} + h_c} + b_3 \quad (42)$$

«где  $b$  – минимальное расстояние от конструкции стрелы крана до монтируемого элемента или между конструкциями стрелы и ранее смонтированными конструктивными элементами:  $b = 1,0$  м;

$b_1$  – величина части конструкции, выступающей от центра строповки в сторону стрелы крана, м;

$b_2$  – величина, которая соответствует половине размера в поперечном сечении стрелы крана в области, где имеются риски соприкосновения с перемещаемым объектом или уже вмонтированными деталями конструкций, определяя  $b_2 = 0,5$  м.

$h_{\text{ш}}$  – высота шарнира пяты стрелы над уровнем стоянки крана:  
 $h_{\text{ш}} = 1,5$  м;

$b_3$  – расстояние по горизонтали от оси вращения крана до оси шарнира пяты крана:  $b_3 = 1,5$  м» [69].

«Минимальную длину стрелы определим по формуле» [69]:

$$L = \sqrt{(L_c - b_3)^2 + (H_c - h_{\text{ш}})^2} \quad (43)$$

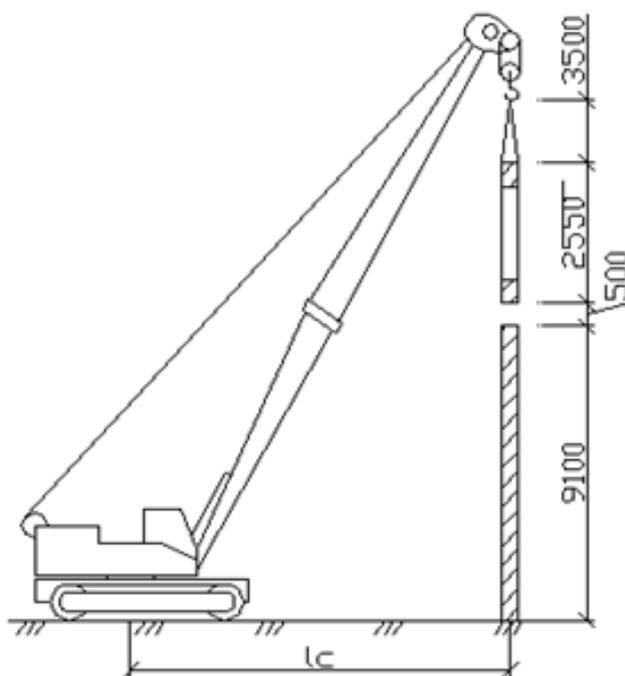


Рисунок 4 – Схема для определения требуемых параметров стрелового крана

Расчет монтажных характеристик сводим в табл. 8.

Таблица 8 – Монтажные характеристики элементов

Наименование монтируемого элемента	Отметка, на которую устанавливается элемент	Монтажные характеристики элементов			
		$Q_k$	$H_c$	$l_c$	$L$
«Колонна»	-	14,03	18,25	8,1	13,5
Подкрановая балка	6,65	6,34	14,05	5,08	11,05
Стеновая панель	14,4	4,65	20,66	9,2	20,85
Ферма	10,8	12,35	20,5	3,2	19,08
Плита покрытия	14,1	4,58	20,6	6,89	19,24» [69]

«Исследуя спецификации установки элементов и сопоставляя их с параметрами крановых механизмов, определяем две группы строительных кранов» [69].

I вариант:

– кран МКГ-25 БР  $L_c = 10,0$  м;  $L = 13,5$  м – подкрановые балки, колонны;

– кран ДЭК-50  $L_c = 18,0$  м;  $L = 21,0$  м – монтирует фермы, плиты покрытия, стеновые панели.

II вариант:

– кран СКГ-63  $L_c = 30,0$  м,  $L = 24,0$  м – монтирует все элементы.

«Сравнение монтажных кранов по экономическим параметрам» [69].

«Приведенные затраты определяем по формуле» [69]:

$$\Pi_3 = c_0 + E_H \cdot \sum_{i=1}^n \frac{c_i \cdot T_{oi}}{T_{ri}} \quad (44)$$

«где  $c_0$  – общая стоимость работ, руб.;

$E_H = 0,15$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

$c_i$  – инвентарно-расчетная стоимость  $i$ -й машины, участвующей в механизированном процессе, руб.;

$T_{oi}$  – число работы  $i$ -й машины на объекте;

$V$  – объем работ, т;

$T_{ri}$  – число работы  $i$ -й машины в год» [69].

«Общая себестоимость работ определяется» [69]:

$$c_0 = 1,08 \cdot \sum_{i=1}^n C_{M-чi} \cdot T_{oi} \cdot N_i + 1,5 \sum_{i=1}^n 3 \quad (45)$$

«где  $C_{M-чi}$  – себестоимость машино-часов  $i$ -й машины комплекта, руб.;

$N_i$  – число машин  $i$ -го вида, входящих в комплект, ед.;

$\sum_{i=1}^n 3$  – общая зарплата рабочих, выполняющих ручные процессы, руб.;

1,5 и 1,08 – коэффициент накладных расходов на зарплату и прочие прямые затраты» [69].

«Себестоимость м-часа определяется» [69]:

$$C_{\text{м-ч}} = \frac{E}{T_0} + \frac{C_r}{T_r} + C_3 \quad (46)$$

«где  $E$  – единовременные расходы на доставку, монтаж и демонтаж машин (кранов), и другие работы, руб.» [69];

$C_r$  – годовой объем расходов, включающий агрегированные амортизационные отчисления за год, целью которых является комплексное восстановление стоимости и осуществление капитализационного ремонта технических средств, таких как краны, и измеряется в рублях.

$C_3$  – интегральный показатель, куда входят все операционные издержки, распределенные на временной интервал одного часа эксплуатации за смену; он включает в себя «вознаграждение персонала, занятого в эксплуатации и техническом обслуживании оборудования, затраты на энергопотребление, необходимые материалы, расходы на техническое обслуживание, а также текущий ремонт оборудования и другие аналогичные расходы, руб.» [78].

«Трудоемкость выполнения единицы строительной продукции, определяют по формуле» [69]:

$$q_c = \frac{8 \cdot Q}{V} \quad (47)$$

«где  $Q$  – общие трудовые затраты, чел-см;

$V$  – объем работ» [69].

I вариант:

МКГ-25 БР:

$$C_{\text{м-ч}} = \frac{36}{323,86} + \frac{5032}{3310} + 4,75 = 6,38 \text{ руб.}$$

ДЭК-50:

$$C_{\text{м-ч}} = \frac{1020}{87,71} + \frac{8357}{3310} + 5,47 = 21,70 \text{ руб.}$$

$$C_0 = 1,08 \cdot (21,70 + 6,38 \cdot 323,86) + 1,5 \cdot 1468,05 = 6349 \text{ руб.}$$

$$П_3 = 6349 + 0,15 \cdot (36600 \cdot 323,86/3310 + 69700 \cdot 81,71/3310) = 7144,25 \text{ руб.}$$

$$q_c = 8 \cdot (122,95 + 38,46)/(1051,05 + 570) = 0,8 \text{ чел-ч/т}$$

II вариант:

СКГ-63:

$$C_{\text{м-ч}} = \frac{983}{405,57} + \frac{5826}{3370} = 4,20 \text{ руб.}$$

$$C_0 = 1,08 \cdot 4,240 \cdot 5,57 + 1,5 \cdot 1468,05 = 4041,74 \text{ руб.}$$

$$П_3 = 4041,74 + 0,15 \cdot 77680 \cdot 405,57/3370 = 5444,25 \text{ руб.}$$

$$q_c = 8 \cdot (161,41)/(1621,05) = 0,8 \text{ чел-ч/т}$$

Проведя сравнение различных опций, пришли к выводу, что второе решение, предполагающее применение крана СКГ-63 с 30-метровой стрелой, выделяется более выгодными с точки зрения расходов, в сравнении с первым предложением.

Следовательно, для монтажа каркаса принимаем кран СКГ-63.

Для гарантии безопасности процессов, нормативные акты разделяют зоны на: монтажные и операционные, а также зоны высокого риска вокруг кранов и строительные монтажные участки.

Рабочий радиус крана охватывает территорию, до которой может дотянуться его грузоподъемный крюк. Для размещения структурных компонентов, рабочие радиусы крана отражены в документации, именуемой «Технологическая схема монтажа каркасных элементов» [69].

«Опасная зона вокруг грузоподъемного крана определяет пространство, где возможно падение груза при его перемещении. У стреловых кранов без механизма защиты от обрушения стрелы, опасная зона  $R_{o.п.}$  рассчитывается следующим образом» [78]:

$$R_{o.п.} = R_{п.с.} + 5,0 \quad (48)$$

где  $R_{п.с.}$  – длина стрелы крана, м.

$$R_{o.п.} = 30,0 + 5,0 = 35,0 \text{ м}$$

Зона установки конструктивных элементов сооружения представляет собой область, в которой присутствует опасность обрушения материалов во время их установки и закрепления. Размер данной зоны равен периметру здания, увеличенному на 7 м.

$$S_m = (48,0 + 7,0) \times (72,0 + 7,0) = 55,0 \times 79,0 \text{ м}$$

#### **4.2.2 Выбор транспортных средств**

«При выборе транспортных средств руководствуемся следующими требованиями:

– перевозимые элементы должны находиться в положении близком к проектному;

– коэффициент использования транспортных средств по грузоподъемности должен приближаться к 1;

– длина платформы должна соответствовать длине переводимых элементов» [78].

«Коэффициент использования транспортных средств по грузоподъемности определяется по формуле» [69]:

$$K_r = \frac{Q \cdot n}{P} \quad (49)$$

«где  $Q$  – вес одного элемента, т;

$n$  – количество элементов, перевозимых за один рейс, шт.;

$P$  – грузоподъемность транспортной единицы, т» [69].

Расчет необходимого количества автотранспортных средств.

«При монтаже «со склада» необходимое количество транспортных средств определяется по формуле» [69]:

$$m = \frac{Q}{q \cdot T_2 \cdot K_2} \quad (50)$$

«где  $Q$  – грузопоток рассматриваемого вида перевозок за расчетный период, т;

$T_2$  – продолжительность расчетного периода данного грузопотока, дни;

$K_2$  – коэффициент сменности работ транспортных средств;

$q$  – сменная производительность транспортной единицы, которая определяется по формуле» [69]:

$$q = \frac{P_1 \cdot T_1 \cdot K_r}{t + \frac{2 \cdot L}{v}} \quad (51)$$

«где  $P_1$  – грузоподъемность транспортной единицы, т;

$T_1$  – продолжительность работ транспортной единицы, ч;

$K_r$  – коэффициент использования транспорта по грузоподъемности;

$t$  – время простоя транспорта под погрузкой и разгрузкой за рейс, ч;

$L$  – расстояние перевозки груза в один конец, км;

$v$  – скорость движения транспорта, км/ч» [69].

Для плиты покрытия:

$$q = \frac{12 \cdot 8,2 \cdot 0,7}{0,166 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 71 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{403,2}{71 \cdot 6 \cdot 2} = 0,5 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для колонн крайних и средних рядов:

$$q = \frac{12 \cdot 8,2 \cdot 0,69}{0,166 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 117 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{287,6}{117 \cdot 6 \cdot 2} = 0,3 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для колонн фахверка:

$$q = \frac{12 \cdot 8,2 \cdot 0,99}{0,166 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 101 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{71,16}{101 \cdot 1,74 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Для ферм:

$$q = \frac{14 \cdot 8,2 \cdot 0,76}{0,166 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 90 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{148,4}{90 \cdot 4 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Для стеновой панели длиной 12,0×1,2 м:

$$q = \frac{21 \cdot 8,2 \cdot 0,95}{0,333 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 144 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{170}{144 \cdot 15,73 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Для стеновой панели длиной 12,0×1,8 м:

$$q = \frac{21 \cdot 8,2 \cdot 0,7}{0,166 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 125 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{175,2}{125 \cdot 7,9 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Для стеновой панели длиной 6,0×1,2 м:

$$q = \frac{13,5 \cdot 8,2 \cdot 0,85}{0,333 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 83 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{135,7}{83 \cdot 10,6 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Для подкрановой балки:

$$q = \frac{12 \cdot 8,2 \cdot 0,9}{0,166 + \frac{2 \cdot 10}{25}} = 92 \text{ т/см}$$

$$m = \frac{129,6}{92 \cdot 6 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Результаты выбора средств перевозки монолитных железобетонных изделий на стройплощадку отображены в табл. 9.

Таблица 9 – Выбор транспортных средств

Наименование конструкции	Вес конструкции, т	Марка автомобиля и прицепа	Грузоподъемность, т	Количество элементов, перевозимых за 1 рейс, шт.	Коэффициент использования транспорта по г/п, кг
«Колонны:					
крайние	13,7	Б-18	20	1	0,69
средние	13,7	Б-18	20	1	0,69
фахверковые	5,93	ПР-12	12	1	0,99
Подкрановые балки	5,40	ПР-12	12	2	0,90
Стропильная ферма	10,6	Т-74А	14	1	0,76
Плиты покрытия	4,20	П-12м	12	2	0,70
Стеновая панель:					
6,0×1,2 м	2,30	п/п МАЗ-5345	13,5	5	0,85
6,0×1,8 м	3,50	п/п МАЗ-5345	13,5	3	0,78
12,0×1,2 м	5,00	ПФ-11	21,0	4	0,95» [69]
12,0×1,8 м	7,30	ПФ-11	21,0	2	0,70

### 4.2.3 Выбор монтажных приспособлений

«Для монтажа сборных железобетонных конструкций принимаем:

- грузозахватные приспособления для подъема и установки сборных конструкций в проектное положение;
- приспособления для установки, выверки и временного закрепления в процессе монтажа;
- приспособления для обеспечения безопасности работ на высоте» [69].

Ведомость монтажных приспособлений представлена в табл. 10.

Таблица 10 – Ведомость монтажных приспособлений

Наименование устройства или приспособления, организация	Грузоподъемность, т	Масса, Q <sub>гр</sub> , т	Высота строповки, h <sub>стр</sub> , м	Назначение
«Траверса унифицированная ЦНИИОМТП, Р-4-455-69	16,0	0,33	1,50	Установка колонн с предусмотренным строповочным отверстием
Траверса ПИ Промсталь конструкция 1968р-9	9,0	0,94	3,20	Установка подкрановых балок длиной 12 м
Траверса ПИ Промсталь конструкция 15946р-11	25,0	1,75	3,60	Установка стропильных ферм пролетом 24 м
Траверса ПИ Промсталь конструкция 15946р-13	10,0	1,08	3,31	Укладка плит покрытия 3×12 м
Траверса ПИ Промсталь конструкция 15946р-10	10,0	0,45	1,80	Установка панели стен длиной 12 м
Строп 2-х ветвевой ГОСТ 19144-73	5,0	0,02	2,20	Установка панели стен длиной 6 м
Расчалка ПИ Промсталь конструкция 2008-09	-	0,10	-	Временное крепление колонн, ферм, балок, др.
Инвентарная распорка Промстрой проект 04-00-1	-	0,09	-	Временное крепление стропильных ферм при шаге 12 м
Расчалка ПИ Промсталь конструкция 2008-09	-	0,10	-	Временное крепление колонн, ферм, балок, др.
Инвентарная распорка Промстрой проект 04-00-1	-	0,09	-	Временное крепление стропильных ферм при шаге 12 м
Клиновой вкладыш ЦНИИОМТП, №7	-	0,01	-	Выверка и временное крепление колонн при установке их в фундамент
Приставная лестница с площадкой ПК Главстальконструкция 220	-	0,11	-	Обеспечение рабочего места на высоте
Навесная площадка с подвесной лестницей ПК Главстальконструкция 229	-	0,12	-	То же
Навесные подмости ПИ Промстальконструкция 1942р	-	0,04	-	То же
Навесная люлька ПИ Промстальконструкция 21059М	0,1	0,06	-	То же» [69]
Строп 4-х ветвевой ПИ Промстальконструкция 21059М-28	5,0	0,22	9,30	Выгрузка и раскладка различных конструкций

#### 4.2.4 Расчет площади складов

При расчете площади, необходимой для адекватного размещения товаров на складе, принимают во внимание следующие параметры: ежедневный объем потребления данного товара, запланированную продолжительность его хранения (измеряемую в днях), и особенности, связанные с требованиями к хранению этого товара.

Расчет производим по формуле:

$$P_{\text{скл}} = \frac{Q}{T} \cdot \alpha_1 \cdot n \cdot k \quad (52)$$

«где  $P_{\text{скл}}$  – количество материалов, подлежащих хранению на складе на расчетный период;

$T$  – продолжительность расчетного периода, дн.;

$\alpha_1$  – коэффициент поступления материалов;

$n$  – нормативная площадь склада на единицу измерения с учетом проходов и проездов, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент неравномерности поступления материалов» [69].

Расчет площади складов основных материалов выполнен в форме табл. 11.

Таблица 11 – Расчет площади складов

Материалы, изделия	продолжительность потребления, дней	Потребность		Коэффициенты		Норма запаса в днях	Принятый запас в натуральных показателях	Площадь складов, м <sup>2</sup>		Фактическая площадь склада, м <sup>2</sup>
		общая на расчетный период, Q	суточная, Q/T	поступление материала, $\alpha$	потребление материалов, k			нормативная, n	расчетная, S <sub>гр</sub>	
Фундаментные «балки	3	22 м <sup>3</sup>	22,0 м <sup>3</sup>	1,1	1,3	3	22 м <sup>3</sup>	3,0	66	5×13
Колонны	16	110 м <sup>3</sup>	6,9 м <sup>3</sup>	1,1	1,3	5	50 м <sup>3</sup>	2,0	100	9×13
Подкрановые балки	11	56 м <sup>3</sup>	5,0 м <sup>3</sup>	1,1	1,3	5	36 м <sup>3</sup>	3,0	108	9×13
Фермы	8	66 м <sup>3</sup>	8,3 м <sup>3</sup>	1,1	1,3	5	59 м <sup>3</sup>	3,5	207	9×25
Плиты покрытия	11	234 м <sup>3</sup>	21,3 м <sup>3</sup>	1,1	1,3	5	152 м <sup>3</sup> » [69]	4,0	608	48×13
Кирпич	8	90 тыс. шт.	11,25 тыс. шт.	1,1	1,3	5	7,2 тыс. шт.	2,5	203	5×40

#### 4.2.5 Расчет потребности в воде

«Расчет потребности в воде рассчитывается из учета максимального числа водопотребителей» [69].

«Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды» [69]:

$$q_x = \frac{b \cdot N_1 \cdot K_4}{3600 \cdot n} = \frac{25 \cdot 72 \cdot 2}{3600 \cdot 8,2} = 0,12 \text{ л/с}$$

«где  $b = 25$  л – норма потребления на одного рабочего в смену;

$N_1 = 72$  чел. – большинство работающих в максимальную смену;

$K_4$  – коэффициент часовой неравномерности потребления воды»

[69].

«Расход воды на санитарно-гигиенические нужды» [69]:

$$q_{\Delta} = \frac{c \cdot N_2}{60 \cdot m} = \frac{30 \cdot 29}{60 \cdot 45} = 0,32 \text{ л/с}$$

«где  $c = 30$  л – норма расчета воды на одного принимающего душ;

$N_2 = 0,4 \cdot N_1 = 0,4 \cdot 72 = 29$  чел. – число рабочих принимающих душ в первую смену;

$m$  – время работы душевых установок, мин.» [69].

«Расход воды на производственные нужды» [69]:

$$q_{\text{пр}} = \frac{s \cdot A \cdot K_4}{3600 \cdot n_1} \cdot K_{\text{кр}} = \left( \frac{2 \cdot 400 \cdot 1,5}{3600 \cdot 8,2} + \frac{1,5 \cdot 210 \cdot 1,5}{3600 \cdot 8,2} \right) \cdot 1,2 = 0,1 \text{ л/с}$$

«где  $s$  – удельный расход воды на единицу объема работ:

для  $1 \text{ м}^3$  бетона – 400 л;

для  $1 \text{ м}^3$  раствора – 210 л;

$A$  – общий объем работ в сутки или в максимальную смену;

$n_1 = 8,2$  – число часов работы, к которой отнесен расход воды;

$K_4 = 1,5$  – для производственных нужд;

$K_{\text{кр}} = 1,2$  – коэффициент на неучтенный расход воды» [69].

«Расчет воды на пожарные нужды» [69]:

$$Q_n = 5,0 \cdot 2 = 10 \text{ л/с}$$

«где 5,0 л – расход воды на один гидрант;

2 – минимальное количество гидрантов» [69].

«Суммарный расход воды на строительной площадке» [69]:

$$Q_{\text{сут}} = q_x + q_{\Delta} + q_{\text{пр}} + q_n = 0,12 + 0,32 + 0,1 + 10 = 10,54 \text{ л/с}$$

«Диаметр водопроводной напорной сети» [69]:

$$D = \sqrt{4 \cdot q_{\text{сут}} \cdot \frac{1000}{\pi \cdot v}} = \sqrt{4 \cdot 10,54 \cdot \frac{1000}{3,14 \cdot 1,5}} = 95 \text{ мм}$$

«где  $v$  – скорость движения воды по трубопроводам для больших диаметров 1,5...2,0 м/с» [69].

«Принимаем диаметр водопроводной трубы напорной сети 100 мм» [69].

#### 4.2.6 Электроснабжение

При снятии аппаратуры на промышленных площадках, разработка временной сети энергоснабжения включает в себя расчет требуемой производительности генерирующего устройства.

Расчет мощности источника электроснабжения выполняем в табличной форме (табл. 12).

Таблица 12 – Расчет мощности источника электроснабжения

№	Наименование токоприемника	Кол-во, шт.	Установленная мощность единицы, Р, кВт	Общая установленная мощность, Р, кВт	Коэффициенты			Расчет мощности	
					спроса, $h_c$	мощности	$tg\varphi$	активная $P_M$ , кВт	реактивная $Q_M$ , кВт
1	Сварочный аппарат «ТС-50	2	32,0	64,0	0,35	0,4	2,30	22,0	50,6
2	Малярная станция СО-115	1	40,0	40,0	0,70	0,8	0,75	30,0	23,0
3	Виброрейка СО-47	1	0,60	0,60	0,15	0,6	1,33	0,10	0,13
4	Внутреннее освещение	349 м <sup>2</sup>	15,0	5,235	0,10	1,0	0,00	4,80	0,00
5	Наружное освещение	6	1,50	9,0	1,00	1,0	0,00	9,00» [69]	0,00
Итого:								65,90	73,73

Активная мощность определяется по формуле:

$$P_M = h_0 \cdot P_0 \quad (53)$$

Реактивная мощность:

$$Q_M = P_M \cdot tg\varphi \quad (54)$$

Определяем расчетный коэффициент мощности  $\cos\varphi$  по  $tg\varphi$ :

$$tg\varphi = \frac{\sum Q_M}{\sum P_M} = \frac{73,7}{65,9} = 1,1$$

Отсюда  $\cos\varphi = 0,67$ .

Определяем суммарную нагрузку по строительной площадке:

$$\sum S_M = \frac{\sum P_M}{\cos\varphi} = \frac{65,9}{0,67} = 98,3 \text{ кВт}$$

Определяем требуемую мощность трансформатора:

$$P_{пр} = 1,1 \cdot \sum S_M \cdot K_{мп} = 1,1 \cdot 98,3 \cdot 0,8 = 87,0 \text{ кВт}$$

где  $K_{мп} = 0,8$  – коэффициент совпадения нагрузок.

«Принимаем передвижную комплексную трансформаторную подстанцию СКТП-180-10/6/0,4/0,23» [69].

#### 4.2.7 Расчет количества прожекторов

Для вычисления числа прожекторов, требуемых для надлежащего освещения, применяется расчетная формула, учитывающая нормативные требования по уровню освещенности и мощности лампы.

$$N = m \cdot E_n \cdot k \cdot A / P_{\text{л}} \quad (55)$$

где  $m$  – коэффициент, описывающий эффективность трансформации и «распространения светового потока, абсорбируя такие параметры, как световая отдача лампы, эффективность работы светотехнического устройства и коэффициент полезного действия освещения, для лампы накаливания варьируется от 0,20 до 0,25» [69];

« $E_n$  – нормируемая освещенность горизонтальной поверхности;

$k$  – коэффициент запаса;

$A$  – освещаемая площадь,  $\text{м}^2$ ;

$P_{\text{л}}$  – мощность лампы, Вт» [69].

Стройплощадка имеет площадь  $A = 15480 \text{ м}^2$  в соответствии с ГОСТ 12.1.046-2014  $E_n = 2 \cdot n \cdot k$ ;  $k = 1,5$ .

Подбираем подходящий тип прожекторов ПЗС-45 с ЛИ Г220-1500.

Тогда количество прожекторов:

$$N = 2 \cdot 1,5 \cdot 15480 / 1500 = 6 \text{ шт.}$$

«Принимаем 6 мачт по одному прожектору. Схема установки прожекторов показана на стройгенплане» [69].

#### 4.2.8 Временные здания и сооружения

«Определение объема необходимого пространства для временных сооружений и элементов инфраструктуры на территории строительства

проводим, принимая во внимание максимальное число работников, участвующих в строительстве» [78].

«Вычисление загрузки сотрудников выполняем, опираясь на установленные в плане работы временной интервал и график привлечения рабочей силы. Процентное соотношение показывает степень занятости» [78]:

- рабочие – 83,9%;
- ИТР – 11%;
- служащие – 3,6%;
- МОП и охрана – 1,5%.

«В соответствии с планом строительства производственного объекта, для его возведения мобилизован максимальный состав рабочих – 72 чел.» [78].

Таким образом, численность работающих  $N$  составит:

$$N = 72 \cdot 100 / 83,9 = 86 \text{ чел.}$$

Следовательно, 1% составляет 0,86 чел., тогда:

$$N_{\text{служ}} = 0,86 \cdot 3,6 = 3 \text{ чел.}$$

$$N_{\text{ИТР}} = 0,86 \cdot 11 = 9 \text{ чел.}$$

$$N_{\text{МОП}} = 0,86 \cdot 1,5 = 1 \text{ чел.}$$

$$N_{\text{общ}} = (N + N_{\text{служ}} + N_{\text{ИТР}} + N_{\text{МОП}}) \cdot k = (86 + 9 + 3 + 1) \cdot 1,05 = 104 \text{ чел.}$$

где  $k = 1,05$  – коэффициент, учитывающий отпуска, болезни.

«Исходя из оцененной необходимости во временной инфраструктуре, подбираем модульные объекты на основе их технических параметров» [78].

«Расчет временных зданий производим по нормативным показателям» [78].

#### 1. Санитарно-бытовые помещения

Гардеробная  $0,9 \times 104 = 94 \text{ м}^2$  – принимаем 5 гардеробных «КУБ»-10405 размером  $3 \times 6 \text{ м}$  с площадью  $17,2 \text{ м}^2$ .

Душевая  $0,43 \times 104 = 45 \text{ м}^2$  – принимаем 2 душевые «Комфорт» Д-6 размером  $3 \times 9$  мм с площадью  $24,3 \text{ м}^2$ .

Женский санузел, соответствующий стандарту УКЖ-2683, с нормой  $0,15 \text{ м}^2$  на человека, включает туалет и примыкающее помещение для гигиенических процедур с размерами  $2,8$  на  $9,1$  метра и обладает общей площадью в  $19,8 \text{ м}^2$ .

В соответствии с нормативами, мужской санузел необходимо оснастить двумя писсуарами для обслуживания  $70$  чел., рекомендуется выбрать модель 2Д-09-К с габаритами  $1,3 \times 1,2$  м, что составляет площадь в  $1,4$  кв. м.

Сушильная –  $0,2 \times 104 = 20 \text{ м}^2$ , принимаем 1 шт. Д-06-К с размерами  $3 \times 6$  м.

Зону, созданную для отдыха сотрудников и обеспечения их теплового благополучия, размером  $0,8 \times 104 = 83$  кв. м, описываем согласно стандартам ГОСТ 7309-7 как помещение с габаритами  $12 \times 6$  м и площадью  $78$  кв. м.

Столовая  $0,6 \times 104 = 62 \text{ м}^2$ , принимаем 420-МО, размером  $9 \times 9$  м с площадью  $81 \text{ м}^2$ .

Медпункт принимаем «Комфорт» МП с размерами  $3 \times 9$  м с площадью  $24,3 \text{ м}^2$ .

## 2. Служебные помещения

«Прорабская (не менее  $16 \text{ м}^2$ ) – принимаем «Нева» 7203-У-1 с размерами  $3 \times 6$  м с площадью  $15,4 \text{ м}^2$ » [69].

«Диспетчерская принимается «Комфорт» ПД с размерами  $3 \times 6$  м с площадью  $18 \text{ м}^2$ » [69].

## **5 Экономика строительства**

### **5.1 Вводная часть**

В экономической части ВКР проводим анализ затрат на строительство одноэтажного производственного объекта для изготовления изделий из дерева с применением металлической рамы в г. Москве.

Для решения поставленной задачи осуществляется разработка обобщенной сметы, объектной сметы, а также выработка подробных сметных документов по отдельным направлениям строительных работ.

Локальный сметный расчет представляет собой основополагающий документ, цель которого – определение экономических затрат, необходимых для строительства объекта. Данный процесс организуется посредством детальной проработки каждого отдельного вида строительных работ, что обеспечивает высокую степень точности в планировании бюджета. Такое дифференцированное подход к составлению сметы способствует более эффективному управлению расходами. В дополнение к ВКР в приложении А включен локальный сметный расчет, который охватывает расходы на осуществление общестроительных работ.

При составлении сметы для строительства или ремонтных работ, итоговая сметная стоимость определяется суммированием информации из разнообразных частных смет. Эти вычисления охватывают точное разбиение предполагаемых затрат на основные элементы строительства, включая проведение строительно-монтажных работ, закупку и монтаж требуемого оборудования, а также иные расходы. В приложении Б к выпускной квалификационной работе подробно представлена структура сметы на строительство цеха.

Сводная смета – это центральный документ, определяющий стоимостные параметры для проведения строительных и монтажных работ. Она несет высокую значимость в процедуре расчета необходимого объема

финансирования проекта, в плановом распределении ресурсов по этапам строительства, а также оценивает общую сумму затрат на возведение здания или сооружения. Данный расчетный документ становится частью приложения к ВКР студента.

В ходе создания проекта локальной сметы широко используется техника прогнозирования стоимости на базе индексов, исходя из цен, утвержденных в 2001 году. Эти начальные данные адаптируются к текущему экономическому состоянию через применение обновленных пересчетных коэффициентов, специфичных для 2 квартала 2024 года, согласно рекомендациям Минстроя России в документе №24796-АЛ/09 от 27 апреля 2024 года (Приложение Б). По этой методике, для территорий Москвы и Московской области принят коэффициент 46,18.

Для подготовки этой сметы были использованы региональные базы единичных стоимостей, разработанные специально для анализа строительных расходов в столичном регионе. В процессе формирования финансовой документации применялась программа «Гранд-СМЕТА».

При определении сметы накладных расходов и специализированных резервов для различных типов строительных операций, используется общий объем заработной платы рабочих и машинистов, руководствуясь соответствующими нормативами.

В процессе создания сметной документации для объектов, подлежащих строительству, реконструкции, капитальному ремонту или демонтажу, мы опираемся на методические указания, легализованные Приказом №812/пр от 21.12.2020 года Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [47]. Эти указания затрагивают разработку и применение базовых расценок накладных расходов для точного исчисления сметной стоимости. А также ориентируемся на методику, утвержденную Приказом №774/пр от 11.12.2020, «регламентирующую разработку и использование стандартов расчета сметной прибыли при составлении сметы по указанным строительным работам» [48-51].

«На основании информации, полученной из калькуляции сметы, производится оценка технико-экономических характеристик» [48-51]. Эти характеристики представлены в табл. 13.

## **5.2 Локальная смета**

«Локальная смета является начальным документом для расчета затрат, составляемым для отдельных этапов и видов работ на основе объемов, определенных при проектировании. Необходимость в таком сметном методе возникает в ситуациях, когда финальные данные о стоимости и объемах работ еще не уточнены и нуждаются в детализации, или когда точность их определения на этапе проектирования оказывается не достаточной, требуя корректировок объемов, способов выполнения и характеристик работ в процессе строительства» [48-51].

Детальный расчет финансовых требований для возведения объекта, предназначенного для производства деревянных изделий с использованием элементов из металла на территории Московской области, изложен в приложении В данной ВКР. Эта экономическая оценка, основанная на экономических показателях 2 квартала 2024 года, включает в себя корректировку на коэффициент удорожания (46,18), вследствие чего окончательная предварительная стоимость проекта достигает ориентировочно 1601840,548 млн. рублей.

## **5.3 Объектная смета**

Объектная смета – это комплексный финансовый отчет, интегрирующий данные из всех сегментов проекта и объединяющий различные локальные сметы в единую систему. Ее основное назначение – собрать воедино расчеты

по локальным сметам, обеспечивая упорядоченную категоризацию и анализ затрат и объемов работ для выявления итоговых финансовых потребностей проекта. Такой документ необходим, когда для определения общей стоимости проекта недостаточно одной локальной сметы, и требуется сведение информации из нескольких источников. В случаях, когда достаточно одной локальной сметы для оценки стоимости, создание объектной сметы не предусмотрено [52].

Тщательный анализ трат, связанных со строительством объекта по производству изделий из дерева в металлической оболочке в г. Москве, детализирован в приложение Г к выпускной квалификационной работе. Согласно проведенным расчетам, интегральная начальная экономическая смета проекта на период 2 квартала 2024 года, учитывая предполагаемое увеличение цен в 46,18 раза составила 2834052,746 тыс. руб.

#### **5.4 Сводный сметный расчет**

Консолидированная смета представляет собой основной финансовый инструмент, определяющий максимальный объем ресурсов, требуемых для осуществления всего спектра работ и затрат, ассоциированных с выполнением строительного задания. Она охватывает всестороннюю оценку расходов на все строительные и установочные операции, приобретение необходимого оборудования, инструментария, сооружений, а также включает дополнительные издержки, такие как оплата за экспертизу проекта, выполнение первоначальных исследований территории, финансирование активностей застройщика и другое [56,57].

В выпускной квалификационной работе представлен детализированный сметный расчет необходимых финансовых средств для выполнения строительных и отделочных работ производственной зоны, предназначенной для [63] производства деревянных изделий с применением металлических

конструкций, находящейся в г. Москве (Приложение Д). Согласно произведенному экономическому анализу, прогнозируемая сумма расходов, согласно обобщенной смете за 2 квартал 2024 года, учитывая прогнозируемый уровень удорожания в 46,18 раз, предвидится в размере 3117620,4 тыс. руб [59].

### 5.5 Техничко-экономические показатели проекта

Техничко-экономические показатели проекта приведены в табл. 13. В приложение Е предоставлена более подробная информация [64,67].

Таблица 13 – Техничко-экономические показатели

Показатель	Ед. изм.	Сумма
1. Объем здания	м <sup>3</sup>	51840,0
2. «Производственная площадь	м <sup>2</sup>	3528,4
3. Общая стоимость строительства	тыс. руб.	3117620,4
4. Стоимость общестроительных работ	тыс. руб.	1601840,5
5. Стоимость 1 м <sup>3</sup> здания	тыс. руб.	86,0
6. Стоимость 1 м <sup>2</sup> площади	тыс. руб.	928,4
7. Средняя численность работников общестроительных работ	чел.	10,4
8. Трудозатраты основных производственных рабочих общестроительных работ	чел.-ч	20685,3
9. Выработка на одного работника в день	тыс. руб.	573,1
10. Средняя заработная плата 1 работника в месяц	тыс. руб.	105710,8
11. Рентабельность общестроительных работ	%	6,0
12. Сметная прибыль общестроительных работ	тыс. руб.	90351,2
13. Продолжительность строительства	мес.	6,0» [69]
14. Средний тарифный разряд	-	3,7

## 6 Безопасность и экологичность объекта

Строительная отрасль влечет за собой потенциальные угрозы для здоровья и безопасности работников. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015, в процессе строительных работ рабочие могут сталкиваться с рядом опасных и вредных факторов [66, 68]:

- риск падения предметов с высоты;
- излучение от электромагнитной энергии во время электро- и газосварочных работ, что может привести к термическим ожогам;
- опасность возникновения пожара;
- риск поражения электрическим током и т.д.

### 6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-технологическая характеристики рассматриваемого технического объекта

«Техническим объектом выпускной квалификационной работы является производственный цех по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях. Объект строительства находится в г. Москва и характеризуется предлагаемым техническим паспортом (табл. 14)» [54].

Таблица 14 – Технологический паспорт технического объекта

№	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	«Монтаж металлических стропильных ферм перекрытия	монтаж ферм	машинист крана 6 разр. – 1 чел.; такелажники 2 разр. – 2 чел.	кран автомобильный КС-55713-4; решетчатая траверса; временная распорка; оттяжки из пенькового каната, расчалки	металлическая ферма» [69]

## 6.2 Идентификация профессиональных рисков

Результаты выполненной идентификации профессиональных рисков приведены в табличном виде (см. табл. 15).

Таблица 15 – Идентификация профессиональных рисков

№	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	«Разгрузка элементов металлических ферм в зоне работы крана	движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся материалы, падение вышерасположенных материалов, конструкций и инструмента	автомобильный кран, элементы металлических ферм
2	Укрупнительная сборка металлических ферм	работа на высоте, движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся материалы,	автомобильный кран, элементы металлических ферм
3	Монтаж металлических ферм	расположение рабочего места на высоте, движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся материалы, физические перегрузки, связанные с рабочей позой	автомобильный кран, элементы металлических ферм [76]
4	Электросварка металлических ферм	расположение рабочего места на высоте, образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей, оптическое излучение, статические и динамические перегрузки» [69]	сварочный агрегат

## 6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты проведенной работы отражены в виде сводной таблицы (см. табл. 16) [74].

Таблица 16 – Организационно-технические методы и средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

№	Опасный и вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Расположение рабочего места на высоте [81]	устройство защитного ограждения, леса, установка предупреждающих знаков	тросы страховочные, наколенники, каска строительная
2	Физические перегрузки, связанные с рабочей позой	соблюдение правил внутреннего распорядка, труда и отдыха	удобная спецодежда
3	Передвигающиеся изделия, материалы	устройство оградительных, предохранительных, тормозных механизмов, устройство автоматического контроля и сигнализации, установка знаков безопасности	строительная каска и другие средства индивидуальной защиты
4	Факторы, связанные с загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	устранение источников загрязнения, полив дорог для обеспыливания	респираторы, защитная сварочная маска, огнеупорная спец одежда [77]

#### 6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

На территории производства размещены два пожарных гидранта в соответствии с нормами [73]. Дороги к средствам пожаротушения обозначены с помощью специальных знаков и поддерживаются в освобожденном состоянии. На участках с повышенной пожароопасностью размещены огнетушители и песочницы в качестве первого этапа борьбы с огнем, согласно правилам [106].

Доступ к системам управления машинами строго регулируется и ограничен для несанкционированных лиц, чтобы предотвратить непреднамеренное включение оборудования. Все выключатели защищены крышками, закрывающими все возможные щели, и помещены в закрывающиеся боксы, исключая случайный доступ [82,83].

Временные электрические проводки на «строительной площадке» устроены с применением изолированных проводов, которые крепятся к устойчивым опорам. Высота размещения кабелей достигает минимум 2,5 метра над местами работы, 3 метра над пешеходными тропами и 5 метров

над дорогами для транспорта, соблюдая тем самым установленные правила» [23]. Все предусмотренные меры безопасности внесены в проектную документацию строительства [85].

«Осуществлена классификация опасных факторов пожара. Обоснованы меры пожарной безопасности для защиты рабочего персонала и материального имущества (см. табл. 17)» [54].

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№	Объект строительства	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	«Цех по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях»	рабочие машины и оборудование, транспортные средства, технологически е трубопроводы	А; подкласс А2	- пламя, искры; - тепловой поток; - повышенная температура окружающей среды; - повышенная концентрация токсичных продуктов горения; - пониженная концентрация кислорода; - снижение видимости в дыму» [69]	горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением

#### **6.4.1 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта**

В любом случае, все мероприятия должны в обязательном порядке предусматривать решения, обеспечивающие эвакуацию людей при пожарах. Для производства в обязательном порядке разрабатываются планы тушения пожаров, предусматривающие решения по обеспечению безопасности людей. В табл.18 представлены средства и оборудование, которую обеспечивают пожарную безопасность [24].

Таблица 18 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители, песок, земля, вода	автоцистерны и пожарные машины	пожарные щиты и гидрант	автоматическая установка пожарной сигнализации (АУПС)	защитные металлические рукава, трубы, лотки, щиты	пути эвакуации, средства индивидуальной защиты органов дыхания, ног, головы, рук, глаз, кожных покровов	лом, крюк, песок, ведро, лопата, гидравлические ножницы, топор, инструменты с электроприводом и бензоприводом» [69]	установка пожарной сигнализации, система оповещения людей и управления эвакуацией людей при пожаре

#### 6.4.2 Организационные мероприятия по предотвращению пожара.

Сведения о мерах предотвращения возникновения пожаров представлены в табл. 19.

Таблица 19 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности [87]

Наименование ТП, используемого оборудования в составе ТО	Наименование видов реализуемых мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
«Здание цеха по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях г. Москва	Выдача разрешений на подготовку рабочего места работы, получение допуска к работе, проведение инструктажа, надзор во время работы	В соответствии с требованиями п. 5 ст. 17 ФЗ №384-ФЗ требования нормативно-правовых актов РФ по пожарной безопасности и нормативных документов по пожарной безопасности обоснованы характеристики системы обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. В качестве пульта контроля и управления в проектируемом здании применен прибор «С2000М» предназначенный для выдачи тревожных сообщений о нарушении шлейфов сигнализации и срабатывании извещателей. Для обнаружения загораний в защищаемых помещениях производится монтаж извещателей пожарных дымовых оптико-электронных адресно-аналоговых, извещателей пожарных дымовых оптико-электронных линейных, извещателей пожарных тепловых максимально-дифференциальных» [69]. Для ручного включения сигнала о пожаре на проектируемом объекте предусмотрен монтаж ручных пожарных извещателей [88].

## 6.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Произведена идентификация сопутствующих возникающих негативных экологических факторов (см. табл. 20)» [54].

Таблица 20 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса, энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
здание цеха по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях г. Москва	на период строительства проектируемого объекта основными источниками загрязнения будут являться заправка дорожных машин, сварочные работы, газовая резка металла, покрасочные работы, механическая обработка металла, дорожная техника и автотранспорт, дорожная техника и механизмы, материалы	загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ и их влияние на окружающую среду	мойка строительной техники, оборудования, инвентаря, инструментов; сброс неочищенных ливневых стоков с дорог в канализацию	образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова» [69]

### 6.5.1 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым техническим объектом

Планы по охране окружающей среды разработаны с учетом стандартов, указанных в [105]. В процессе строительства зданий и инфраструктуры важно адресовать воздействие строительных операций на окружающую среду, что особенно актуально в крупных городских агломерациях, где влияние

распространяется на жилые районы, атмосферу, водные ресурсы и земельные участки, а также на местные экосистемы [25].

«Для снижения уровня шума на строительных площадках применяются машины и оборудование, создающие минимальный шум, а также механизированное оборудование, которое все чаще использует электрический привод. Введены временные ограничения (например, запрет на работы в ночное время) для самых шумных процессов. К примеру, метод ударного погружения свай может быть заменен на менее шумный метод вибропогружения, а пневматические отбойные молотки могут быть заменены на электромеханические альтернативы» [54].

«Для снижения динамического эффекта, вызванного работой машин, применяются специализированные устройства для виброизоляции и демпфирования вибрации. Современные технологии используют многослойные рулонные изоляционные материалы, устанавливаемые вокруг основания и по внешним стенам подвалов. Эти материалы эффективно уменьшают как вертикальные, так и горизонтальные колебания, помогая их поглощению» [54].

«Контроль за выбросом мелких и средних частиц пыли продолжает оставаться сложной проблемой. Большая часть пыли выделяется в процессе отделочных работ, таких как шпаклевка, шлифовка, покраска и снятие старых покрытий» [54]. Применение сначала окрашенных материалов прибытия на строительную площадку может важно сократить выброс строительной пыли. Во время механических процессов, таких как бурение, шлифовка и выдалбливание, поверхности увлажняются для «осаждения пыли, связывания ее водой и дальнейшей уборки вместе со строительным мусором» [54].

«Во время строительных работ накапливается значительное количество отходов, что вызывает загрязнение прилегающих территорий. Следовательно, важно установить эффективную систему для сбора и утилизации как бытового, так и строительного мусора с объекта. На строительной площадке устанавливаются контейнеры для отдельного сбора строительного мусора,

включая металлические отходы, лупа, кирпич и бытовой мусор. Когда контейнеры заполняются, их предмет вывозится на специальные свалки или пункты приема строительных отходов. Подрядные организации заключают договора с районными органами власти на использование свалок и полигонов для утилизации отходов, предписывая предполагаемые объемы отходов» [54].

«В процессе строительства строительным организациям существенно решать значительные экологические проблемы, связанные с отведением поверхностных и производственных вод с объектов возведения» [54]. Это включает организованный сброс воды с площадки стройки и проектирование особых зон для мойки транспортных средств и строительной техники. Также знаменательно строго соблюдать установленные схемы водоотвода и запрещать всевозможные недопустимые сбросы воды в процессе выполнения работ [26].

При проведении вертикальной распланировки площадки строительства нарушается природное состояние почвы и рельефа территории. Поэтому в проекте строительства уделяется значительное внимание вопросам рекультивации территорий, включая работы по восстановлению плодородия и хозяйственной ценности основы. Особое внимание уделяется сбору и сохранности растительного грунта и возможно плодородных слоев в процессе подготовительных работ. Также авторитетно заботиться о деревьях, кустарниках и других растениях, которые подлежат обороне на территории строительства, в том числе с помощью специальных ограждений и коробов для обороны корневой системы, и стволов. Операторы строительной техники обязаны быть «обучены и инструктированы по соблюдению трасс перемещения, зон лавирования и бережному отношению к деревьям и кустарникам, как предусмотрено в проекте производства дел» [54].

«В контексте проекта запланированы экологические инициативы по охране окружающей среды» [54]. Эти меры включают пересадку деревьев и создание службы по их защите, а также меры по сохранению чистоты почвы, воздуха и воды от загрязнений, вызванных строительными работами. После

завершения стройки предусмотрено выполнение работ по ландшафтному дизайну и озеленению территории. Проект благоустройства включает очистку участка, разработку дизайна тропинок и «площадок с различными видами покрытия, высадку зеленых насаждений, а также создание цветников и газонов. В рамках озеленения планируется формирование газонов с пятнадцатисантиметровым слоем плодородной почвы и посадка кустарников» [54].

## **6.6 Выводы**

Руководство несет обязательства по созданию безопасной и здоровой рабочей среды [89], «следуя установленным стандартам в области охраны труда во время строительства и монтажа оборудования. Задача администрации – обеспечить персонал необходимым оборудованием и создать условия работы, которые соответствуют действующим требованиям безопасности и санитарии. Также критично важно обеспечивать систематическое информирование персонала о нормах безопасности [90,91], контролировать их соблюдение и предоставлять спецодежду, обувь и другие средства защиты бесплатно. Параллельно необходимо проводить обязательные медицинские проверки для сотрудников, задействованных в тяжелых и опасных видах труда» [54].

«Каждый сотрудник, в свою очередь, обязан следовать установленным правилам по технике безопасности, соблюдать гигиену и заботиться о собственном здоровье на рабочем месте в рамках своей профессиональной деятельности» [54].

«В процессе проектирования объекта крайне важно принимать во внимание все требования, связанные с охраной труда и защитой окружающей среды, чтобы гарантировать безопасность проведения работ и высокое качество итогового продукта – возведенного здания» [54].

## Заключение

«Функциональное назначение проектируемого промышленного здания – проведение технологической обработки и изготовления различных деревянных изделий в металлоконструкциях (изготовление и сборка деревянных изделий, металлоконструкций различного назначения, ремонт, покраска, дефектовка, антикоррозийная обработка и др.). Цех предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях запроектирован для строительства в г. Москва» [8-10].

«На генплане кроме проектируемого промышленного здания изображены следующие элементы застройки территории: административно-бытовой корпус, стоянка транспорта, площадки хранения, автоматизированная мойка, склады материалов и запчастей (деталей), заправочный пункт, КПП, а также сеть дорог» [8-10].

«Проектируемое здание – одноэтажное, оборудованное двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т. Конструктивная система здания – каркасная с полным железобетонным каркасом. Конструктивная схема – рамная с поперечными рамами, которые образованы защемленными в фундаментах колоннами и шарнирно опирающимися на колонны стропильными фермами. В продольном направлении рамы связаны подкрановыми балками и жестким диском покрытия, и дополнительно стальными связями для восприятия усилий от торможения кранов и ветровых нагрузок» [10].

«Высота пролета – 10,8 м (до низа стропильных ферм). Габаритные размеры цеха 48×72 м» [8].

«Колонны цеха приняты одноветвевые сплошные прямоугольного сечения консольного типа. Размеры подкрановой части крайних колонн 500×800 мм, средних – 600×800 мм. Общая высота колонн – 10,75 м. Подкрановые балки запроектированы двутавровые железобетонные длиной 12 м. Крепление подкрановых балок к консолям колонн выполнено на

анкерных болтах. Наружные стены – навесные стеновые трехслойные панели. Стропильные фермы приняты раскосные сегментные ж/б длиной 24 м. Устойчивость ферм в процессе эксплуатации здания обеспечивается жестким диском покрытия. Плиты покрытия – ребристые размером 3×12 м. Для создания пространственной жесткости в продольном направлении предусмотрены стальные вертикальные связи. Для шага колонн 12 м связи приняты порталными» [55, 61].

«Кровля принята рулонная из техноэласта. Основанием служит настил из ребристых железобетонных плит. В качестве пароизоляции принята полиэтиленовая пленка. Утеплитель – экструзионный полистирол «Пеноплэкс-35» толщиной 80 мм» [55, 61].

«Ворота приняты распашные двупольные, остекление ленточное, оконные переплеты стальные» [55, 61].

В расчетно-конструктивном разделе ВКР был выполнен расчет ребристой плиты покрытия, стропильной фермы, был рассчитан фундамент мелкого заложения. Согласно инженерно-геологическим изысканиям площадки строительства выделены следующие типы грунтов: супесь пластичная, пески мелкие средней плотности.

«Естественным основанием для фундаментов служит супесь, средней плотности с толщиной слоя 2,0 м, подземные воды залегают на глубине 4,0 м» [60].

Исходя из расчета, подобран фундамент стаканного типа с размерами подошвы 2,7×3,3 м, класс бетона – В20, глубина заложения от планировочной отметки поверхности земли составляет 1,75 м.

В качестве горизонтальной обмазочной гидроизоляции принят – гидроизол; вертикальная гидроизоляция осуществляется, тщательной окраской наружных поверхностей стен, соприкасающихся с грунтом, горячим битумом за 2 раза.

В разделе по технологии строительства была разработана технологическая карта на монтаж элементов железобетонного каркаса.

«На технологической карте изображены схемы движения крана при монтаже основных конструкций железобетонного каркаса, схемы строповки, ведомость монтажных приспособлений и характеристика крана СКГ-63» [55, 61, 78].

В разделе по организации строительства был разработан строительный генеральный план, составлен календарный график производства работ.

«На строительном генеральном плане показана площадка строительства, которая имеет по периметру временное ограждение. Работы по монтажу проектируемого здания ведутся краном СКГ-63» [55, 61, 78].

Площадка строительства имеет два въезда-выезда. Ширина временной дороги на строительной площадке составляет 3,0 м. Для складирования сборных железобетонных конструкций предусмотрен 5 площадок складирования.

«Кроме того, на площадке строительства предусмотрено размещение бытовок, проходной и прочих помещений, количество которых назначается в зависимости от максимального количества рабочих, задействованных на строительной площадке» [8-10].

«На календарном плане представлены основные виды строительно-монтажных работ» [78]. Максимальное количество рабочих, одновременно задействованных на строительной площадке, составляет 21 человек.

В экономическом разделе была рассчитана сметная стоимость строительства проектируемого здания. Сметная стоимость 1,0 м<sup>2</sup> – 928400 руб. Все сметные расчеты проекта приведены в прил. А-В данной ВКР.

В разделе по безопасности и экологичности объекта были рассмотрены мероприятия по технике безопасности при выполнении основных видов строительно-монтажных работ и охране труда рабочих на строительной площадке, а также охрана природной окружающей среды.

Следовательно цель работы достигнута, поставленные задачи – решены.

## Список используемых источников и литературы

1. Белевский БФ, Булгакова И.Г. Строительные машины и оборудование. Ростов-на-Дону. Изд. «Феникс», 2019 г.
2. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 2018. – 486 с.
3. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование промышленных зданий и сооружений. – М: Архитектура-С, 2019. – 280 с.
4. Гиясов А.Н. Конструирование промышленных зданий – М.: АСВ, 2019. – 432 с.
5. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование. – М.: Высшая школа, 2018. – 456 с.
6. Дикман Л.Г. Организация строительного производства – М.: АСВ, 2018. – 608 с.
7. Краснов Ю.С. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. – М: Термокул, 2019. – 286 с.
8. Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий. – М.: АСВ, 2020.
9. Мандриков А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 2019.
10. Рожина И.Е. Архитектурное проектирование промышленных зданий и сооружений. – М: Стройиздат, 2022. – 301 с.
11. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М: высшая школа, 2023. – 198 с.
12. Теличенко В.И., Терентьев О.М. и др. Технология строительных процессов. – М.: высшая школа, 2023.
13. Фомина В.Ф. Архитектурно-конструктивное проектирование промышленных – М: Стройиздат. – 2020. – 205 с.
14. Цай Т.Н., Грабовой П.Г. Организация строительного производства. – М.: Высшая школа, 2019. – 538 с.

15. Швецов Г.И. Основания и фундаменты. Справочник. – М.: Высшая школа, 2021.
16. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий. – М.: Высшая школа, 2018.
17. Юзефович А.Н. Календарное и сетевое планирование в составе проектов организации и производства строительных работ. Пермь, 2018.
18. Машины для монтажных работ и вертикального транспорта: Справочное пособие по строительным машинам. – М.: Стройиздат, 2021.
19. Организация строительного производства. / Под редакцией Т.Н. Цая и П.Г. Грабового. – М.: Стройиздат, 2022.
20. ГОСТ 11214-2003. Блоки оконные деревянные с листовым остеклением.
21. ГОСТ 25546-82. Краны грузоподъемные. Режимы работы.
22. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы.
23. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
24. ГОСТ 12.1.046-2014. Строительство. Нормы освещения строительных площадок.
25. ГОСТ 12.3.003-86. Работы электросварочные. Требования безопасности.
26. ГОСТ 12.4.087-84 (1991). ССБТ. Каски строительные. ТУ.
27. ГОСТ 13579-2018. Блоки железобетонные для стен подвалов. ТУ.
28. ГОСТ 18599-2001 (2003). Трубы напорные из полиэтилена. ТУ.
29. ГОСТ Р 2.105-2019. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
30. ГОСТ 21.501-2018. СПДС. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений.
31. ГОСТ 2.111-2013. ЕСКД. Нормоконтроль.

32. ГОСТ Р 58967-2020. Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства строительного-монтажных работ. ТУ.
33. ГОСТ 3262-75 (1998). Трубы стальные водопроводные. ТУ.
34. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камни керамические. ТУ.
35. ГОСТ 6942-98. Трубы чугунные канализационные и фасонные части к ним. Технические условия. (1999).
36. ГОСТ Р 12.4.026-2001. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная.
36. ГОСТ 948-2016. Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами.
37. ГЭСН 81-02-01-2020. Сборник 1. Земляные работы.
38. ГЭСН 81-02-06-2020. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные.
39. ГЭСН 81-02-07-2020. Сборник 7. Бетонные и железобетонные конструкции сборные.
40. ГЭСН 81-02-08-2020. Сборник 8. Конструкции из кирпича и блоков.
41. ГЭСН 81-02-11-2020. Сборник 11. Полы.
42. ГЭСН 81-02-12-2020. Сборник 12. Кровли.
43. ГЭСН 81-02-15-2020. Сборник 15. Отделочные работы.
44. ГЭСН 81-02-26-2020. Сборник 26. Теплоизоляционные работы.
45. ЕНиР. Сборник Е1. Внутрипостроечные транспортные работы.
46. ЕНиР. Сборник Е8. Отделочные покрытия строительных конструкций.
47. ЕНиР. Сборник Е11. Изоляционные работы.
48. МДС 12-11.2002. Методическое пособие к СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве.
49. МДС 81-25.2001. Методические указания по определению величины сметной прибыли в строительстве.
50. МДС 81-33.2004. Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве.

51. МДС 81-35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации.

52. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

53. СНиП 1.04.05-85\*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений.

54. СНиП 12-03-2001 (1 и 2 ч.). Техника безопасности в строительстве.

55. СП 56.13330.2021. Производственные здания.

56. СП 56.13330.2021. Производственные здания.

57. СП 82.13330.2016. Благоустройство территорий.

58. СП 131.13330.2020. Строительная климатология.

59. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия.

60. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.

61. СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий.

62. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции.

63. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии.

64. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий.

65. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

66. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения.

67. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

68. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.

69. СТО НОСТРОЙ 2.33.14-2011. Организация строительного производства.

70. СП 129.13330.2019. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.

71. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

72. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2.

73. СП 132.13330.2011. Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования.
74. СП 131.13330.2020. Строительная климатология.
75. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
76. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
77. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.
78. СП 48.13330.2019. Организация строительства.
79. СП 68.13330.2017. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения.
80. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции.
81. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты здания.
82. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции.
83. СП 12-136-2002. Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в ПОС и ППР.
84. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
85. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования
86. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
87. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.
88. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
89. НПБ 104-03 (2010). Нормы пожарной безопасности. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях.

90. Справочное пособие к СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.

91. СанПиН 2.1.3684-21. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

92. ТЕР-2001. Сборник 1. Земляные работы.

93. ТЕР-2001. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные.

94. ТЕР-2001. Сборник 7. Бетонные и железобетонные конструкции.

95. ТЕР-2001. Сборник 8. Конструкции из кирпича и блоков.

96. ТЕР-2001. Сборник 9. Строительные металлические конструкции.

97. ТЕР-2001. Сборник 11. Полы.

98. ТЕР-2001. Сборник 12. Кровли.

99. ТЕР-2001. Сборник 15. Отделочные работы.

100. ТЕР-2001. Сборник 26. Теплоизоляционные работы.

101. Правила противопожарного режима в РФ (с изменениями на 21 мая 2021 года). Правила пожарной безопасности в РФ.

102. РД 09-364-00. Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах.

103. Трудовой кодекс РФ (ст. 215).

104. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СП 63.13330.2018).

105. ФЗ-181 «Об основах охраны труда в РФ».

106. ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях ПБ».

107. Постановление от 23 октября 1993 г. №1090 «О Правилах дорожного движения».



## Приложение Б

### Письмо Министра «Индексы к сметно-нормативной базе 2001г»

Электронный документ



**МИНИСТЕРСТВО  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-  
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(МИНИСТРОМ РОССИИ)

Большая Пироговская ул., д. 23,  
Москва, 119435  
тел. (495) 647-15-80, факс (495) 645-73-40  
www.minstroyrf.gov.ru

27.04.2024 № 24796-АЛ/09

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Федеральные органы  
исполнительной власти

Органы исполнительной власти  
субъектов Российской Федерации

Организации и предприятия,  
входящие в строительный комплекс  
Российской Федерации

В рамках реализации полномочий Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере нормирования и ценообразования при проектировании и строительстве Министром России сообщает о рекомендуемой величине индексов изменения сметной стоимости строительства на II квартал 2024 года, в том числе величине индексов изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексов изменения сметной стоимости пусконаладочных работ, индексов изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ (далее – Индексы).

Указанные Индексы разработаны к сметно-нормативной базе 2001 года в соответствии с положениями Методики расчета индексов изменения сметной стоимости строительства, утвержденной приказом Министра России от 5 июня 2019 г. № 326/пр, с использованием данных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и ФАУ «Главгосэкспертиза России» за I квартал 2024 года с учетом прогнозного показателя инфляции, установленного Минэкономразвития России.

Одновременно сообщается, что Индексы для субъектов Российской Федерации, которые отсутствуют в Приложениях к настоящему письму, будут сообщены дополнительно.

Приложение: на 42 л. в 1 экз.

И.о. Министра

Исп.: Хохрин Е.М.  
Тел. (495) 647-15-80, доб. 56028



А.Н. Ломакин

Рисунок Б.1- Скан письма Министра

# Приложение В

## Локальная смета

Таблица В.1-Локальная смета

### ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА

(локальный сметный расчет)

на Цех предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях  
(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание:

Сметная стоимость в ценах 2001 г.	34686,889	тыс.руб
Нормативная трудоемкость	22716,09	чел.-ч
Средства на оплату труда	2558,635	тыс.руб
Сметная стоимость на 2 кв. 2024 (с уч. индекса удорож. - 46,1	1601840,548	тыс.руб

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Кол-во	Стоимость единицы				Общая стоимость				Т/з осн. на ед. всего.	Т/з мех. на ед. всего	
					Всего	В том числе			Всего	В том числе					
						Осн. з/п	Эк Маш. з/пл мех.	Мат.		Осн. з/п	Эк Маш. з/пл мех.	Мат.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>Раздел Земляные работы</b>															
1	01-01-036-2	Планировка площадей бульдозерами мощностью 79 (108) кВт (л.с.)	1000 м2	6,256	29,08	0,00	29,08	0	181,92	0,00	181,92	0,00	0,00	0,25	
					89,3				25,7				0,00	1,56	
					50				14,39				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
2	01-01-031-2	Разработка грунта с перемещением до 10 м бульдозерами мощностью 96 (130) кВт (л.с.), 2 группа грунтов	1000 м3	2,163	1547,59	0,00	1547,59	0	3347,44	0,00	3347,44	0,00	0,00	11,00	
					89,3				390,53				0,00	23,79	
					50				218,66				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
3	01-01-003-8	Разработка грунта в отвале экскаваторами "драглайн" или "обратная лопата" с ковшом вместимостью 0,65 (0,5-1) м3, группа грунтов 2	1000 м3	2,163	4255,71	116,12	4139,59	0	9205,10	251,17	8953,93	0,00	10,48	22,77	
					89,3				1032,67				22,67	49,25	
					50				578,21				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
4	01-01-013-8	Разработка грунта с погрузкой на автосамосвалы экскаваторами с ковшом вместимостью 0,65 (0,5-1) м3, группа грунтов 2	1000 м3	0,209	5634,49	126,42	5502,40	5,67	1177,61	26,42	1150,00	1,19	11,41	33,09	
					89,3				137,1				2,38	6,92	
					50				76,77				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
5	01-02-057-2	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной до 2 м без креплений с откосами, группа грунтов 2	100 м3	1,655	1706,32	1706,32	0,00	0	2823,96	2823,96	0,00	0,00	154,00	0,00	
					75,2				2123,62				254,87	0,00	
					45				1270,78				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
6	01-01-034-2	Засыпка траншей и котлованов с перемещением грунта до 5 м бульдозерами мощностью 96 (130) кВт (л.с.), 2 группа грунтов	1000 м3	1,952	944,03	0,00	944,03	0	1842,75	0,00	1842,75	0,00	0,00	6,71	
					89,3				214,98				0,00	13,10	
					50				120,37				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
7	01-01-034-8	При перемещении грунта на каждые последующие 5 м добавлять к норме 01-01-034-2	1000 м3	1,952	454,43	0,00	454,43	0	887,05	0,00	887,05	0,00	0,00	3,23	
					89,3				103,49				0,00	6,30	
					50				57,95				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
8	01-02-061-2	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов 2	100 м3	2,24	1034,21	1034,21	0,00	0	2316,63	2316,63	0,00	0,00	97,20	0,00	
					75,2				1742,11				217,73	0,00	
					45				1042,48				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
					<b>Итого по разделу</b>										
									21782,46	5418,18		16363,09	497,65		100,92
										1855,08					
<b>Раздел Фундаменты</b>															
9	06-01-001-1	Устройство бетонной подготовки	100 м3	0,35	41696,90	1806,37	959,03	38931,5	14593,92	632,23	335,66	13626,03	180,00	18,00	
					98,7				680,38				63,00	6,30	
					65				448,07				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
10	06-01-001-7	Устройство железобетонных фундаментов общего назначения под колонны объемом до 10 м3	100 м3	1,779	56395,13	5878,17	2334,33	48182,6	100326,93	10457,26	4152,77	85716,90	483,80	25,48	
					98,7				11004,05				860,68	45,33	
					65				7246,84				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
11	204-9040	Арматура класса А-3	т	8,895	8405,52	0,00	0,00	8405,52	74767,10	0,00	0,00	74767,10	0,00	0,00	
									0,00				0,00	0,00	
									0,00				0,00	0,00	
12	07-01-001-15	Укладка балок фундаментных длиной до 6 м	100 шт.	0,16	11494,87	5569,43	3981,07	1944,37	1839,18	891,11	636,97	311,10	416,25	41,14	
					122,2				1177,04				66,60	6,58	
					85				818,73				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
13	07-01-001-16	Укладка балок фундаментных длиной более 6 м	100 шт.	0,12	20547,26	8019,97	10387,94	2139,36	2465,67	962,40	1246,55	256,72	599,40	92,43	
					122,2				1317,47				71,93	11,09	
					85				916,41				0,00		
					% накладных расходов										
					% сметной прибыли										
14	442-6001-1	Балки фундаментные железобетонные длиной до 6 м	м3	26,88	2408,58	0,00	0,00	2408,58	64742,63	0,00	0,00	64742,63	0,00	0,00	
									0,00				0,00	0,00	
									0,00				0,00	0,00	
15	442-6001-2	Балки фундаментные железобетонные длиной более 6 м	м3	40,33	2460,34	0,00	0,00	2460,34	99225,51	0,00	0,00	99225,51	0,00	0,00	
									0,00				0,00	0,00	
									0,00				0,00	0,00	
					<b>Итого по разделу</b>										
									357960,94	12943,00		6371,95	1062,21		69,30
										936,67					

## Продолжение Приложения В

### Продолжение таблицы В.1

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Кол-во	Стоимость единицы				Общая стоимость			Т/з осн. раб. на ед. всего	Т/з мех. на ед. всего		
					Всего	В том числе			Всего	В том числе					
						Осн. 3/л	Эк. Маш. з/пл мех.	Мат.		Осн. 3/л	Эк. Маш. з/пл мех.			Мат.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>Раздел Каркас</b>															
16	07-01-011-15	Установка колонн прямоугольного сечения в стаканы фундаментов зданий при глубине заделки колонн более 0,7 м, масса колон до 15 т	100 шт.	0,21	63088,71	20397,14	32611,23 4194,50	10080,3	13248,63	4283,40	6848,36 880,85	2116,87	1542,90 324,01	278,69	58,52
					122,2				6310,71						
					85				4389,61						
17	442-1000	Колонны железобетонные	м3	117,5	3884,52	0,00	0,00 0,00	3884,52	456431,10	0,00	0,00 0,00	456431,10	0,00 0,00	0,00	0,00
					122,2				2209,77						
					85				1537,07						
18	07-01-011-5	Установка колонн прямоугольного сечения в стаканы фундаментов зданий при глубине заделки колонн до 0,7 м, масса колонн до 6 т	100 шт.	0,12	35711,55	13222,12	16950,64 1847,21	5538,79	4285,38	1586,65	2034,08 221,67	664,65	1000,16 120,02	156,99	18,84
					122,2				2209,77						
					85				1537,07						
19	442-1000	Колонны железобетонные	м3	27,48	3884,52	0,00	0,00 0,00	3884,52	106746,61	0,00	0,00 0,00	106746,61	0,00 0,00	0,00	0,00
					122,2				7013,39						
					85				4878,38						
20	07-01-019-14	Укладка в одноэтажных зданиях и сооружениях балок подкрановых массой до 12 т при высоте здания до 25 м и массе колонн до 15 т	100 шт.	0,24	88763,52	19740,24	35706,44 4173,36	33316,8	21303,25	4737,66	8569,55 1001,61	7996,04	1443,00 346,32	275,69	66,17
					122,2				7013,39						
					85				4878,38						
21	442-2001	Балки железобетонные подкрановые	м3	106,56	3607,84	0,00	0,00 0,00	3607,84	384451,43	0,00	0,00 0,00	384451,43	0,00 0,00	0,00	0,00
					122,2				4770,19						
					85				3318,05						
22	07-01-022-21	Установка в одноэтажных зданиях стропильных ферм при длине плит покрытий до 12 м, пролетом до 24 м, массой до 15 т и высоте зданий до 25 м	100 шт.	0,14	90385,70	23176,80	37778,70 4706,02	29430,2	12654,00	3244,75	5289,02 658,84	4120,23	1598,40 223,78	299,04	41,87
					122,2				4770,19						
					85				3318,05						
23	442-3001	Фермы железобетонные стропильные	м3	65,8	6739,24	0,00	0,00 0,00	6739,24	443441,99	0,00	0,00 0,00	443441,99	0,00 0,00	0,00	0,00
					122,2				9310,39						
					85				6476,13						
24	07-01-027-17	Укладка плит покрытий одноэтажных зданий и сооружений длиной до 12 м, площадью до 40 м2, при массе стропильных и подстропильных конструкций до 15 т и высоте зданий до 25 м	100 шт.	0,96	32516,29	6659,03	12036,69 1277,41	13820,6	31215,64	6392,67	11555,22 1226,31	13267,75	509,49 489,11	94,00	90,24
					122,2				9310,39						
					85				6476,13						
25	444-1001-527	Конструкции сборные железобетонные	шт.	96	6276,00	0,00	0,00 0,00	6276	602496,00	0,00	0,00 0,00	602496,00	0,00 0,00	0,00	0,00
					122,2				7546,49						
					85				7582,17						
26	09-03-013-1	Монтаж вертикальных связей в виде ферм для пролетов до 24 м при высоте здания до 25 м	т	12	1280,59	699,13	296,58 44,22	284,88	15367,08	8389,56	3558,96 530,64	3418,56	56,11 673,32	2,64	31,68
					122,2				4770,19						
					85				3318,05						
27	201-9002	Конструкции стальные	т	12	7793,05	0,00	0,00 0,00	7793,05	93516,60	0,00	0,00 0,00	93516,60	0,00 0,00	0,00	0,00
					122,2				4770,19						
					85				3318,05						
<b>Итого по разделу</b>									<b>2185157,71</b>	<b>28634,69</b>	<b>37855,19</b>		<b>2176,56</b>	<b>307,32</b>	
<b>Раздел Стены</b>															
28	07-01-034-1	Установка панелей наружных стен одноэтажных зданий длиной до 7 м, площадью до 10 м2 при высоте здания до 25 м	100 шт.	0,59	24079,39	8758,48	12545,56 1840,80	2775,35	14206,84	5167,50	7401,88 1086,07	1637,46	630,56 372,03	111,83	65,98
					122,2				7641,86						
					85				5315,53						
29	07-01-034-3	Установка панелей наружных стен одноэтажных зданий длиной до 7 м, площадью более 10 м2 при высоте здания до 25 м	100 шт.	0,47	30843,03	10817,05	17250,63 2422,85	2775,35	14496,22	5084,01	8107,80 1138,74	1304,41	790,72 371,64	146,58	68,89
					122,2				7604,2						
					85				5289,34						
30	07-01-034-5	Установка панелей наружных стен одноэтажных зданий длиной более 7 м, площадью до 15 м2 при высоте здания до 25 м	100 шт.	0,34	42884,24	11312,68	19692,02 2474,32	11879,5	14580,64	3846,31	6695,29 841,27	4039,04	826,95 281,16	156,09	53,07
					122,2				5728,22						
					85				3984,44						
31	07-01-034-7	Установка панелей наружных стен одноэтажных зданий длиной более 7 м, площадью более 15 м2 при высоте здания до 25 м	100 шт.	0,24	50589,33	13575,21	25134,58 3042,63	11879,5	12141,44	3258,05	6032,30 730,23	2851,09	992,34 238,16	198,78	47,71
					122,2				4873,68						
					85				3390,04						
32	443-1111-101	Панели стеновые наружные (коробка) - трехслойные, наружный и внутренний слои из тяжелого бетона, утепление из пенополистерола, серия 97	м3	582,12	1521,94	0,00	0,00 0,00	1521,94	885951,71	0,00	0,00 0,00	885951,71	0,00 0,00	0,00	0,00
					145,7				1170,09						
					100				803,08						
33	07-05-039-1	Устройство герметизации горизонтальных и вертикальных стыков стеновых панелей прокладками на клею в один ряд	100 м	9,82	1832,11	81,78	143,05 0,00	1607,28	17991,32	803,08	1404,75 0,00	15783,49	6,33 62,16	0,10	0,98
					145,7				1170,09						
					100				803,08						
34	08-02-001-8	Кладка стен кирпичных внутренних при высоте этажа свыше 4 м	м3	238	612,44	59,74	31,43 5,50	521,27	145760,72	14218,12	7480,34 1309,00	124062,26	5,05 1201,90	0,35	83,30
					114,68				17806,5						
					80				12421,7						
<b>Итого по разделу</b>									<b>1105128,89</b>	<b>32377,07</b>	<b>37122,36</b>		<b>2527,05</b>	<b>319,93</b>	
											<b>5105,31</b>				

## Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Кол-во	Стоимость единицы				Общая стоимость				Т/з осн. на ед. всего.	Т/з мех. на ед. всего
					Всего	В том числе			Всего	В том числе				
						Осн. З/п	Эк. Маш. з/пл мех.	Мат.		Осн. З/п	Эк. Маш. з/пл мех.	Мат.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Раздел Проемы</b>														
35	09-04-009-1	Монтаж оконных блоков стальных с нащельниками из стали при высоте здания до 50 м	т	19	14080,18	1339,07	1481,28	11259,8	267523,48	25442,33	28144,32	213936,83	92,35	5,97
					84,6				23208,28				1754,65	113,43
					85				23318,02					
36	10-01-046-1	Установка ворот с коробками стальными, с раздвижными или распахивающимися неутепленными полотнами и калитками	100 м2	0,5184	70891,99	3022,89	1686,78	66182,3	36750,42	1567,07	874,43	34308,92	228,66	11,93
					110,92				1812,28				118,54	6,18
					63				1029,33					
<b>Итого по разделу</b>									<b>304273,90</b>	<b>27009,40</b>	<b>29018,75</b>			
											<b>2057,42</b>		<b>1873,19</b>	<b>119,61</b>
<b>Раздел Кровля</b>														
37	12-01-015-1	Устройство пароизоляции клееночной в один слой	100 м2	54,56	1856,96	234,28	78,90	1543,78	101315,74	12782,32	4304,78	84228,64	17,51	0,28
					112,8				14592,62				955,35	15,28
					65				8408,87					
38	12-01-015-3	Устройство пароизоляции прокладочной в один слой	100 м2	34,56	1084,50	97,69	31,06	955,75	37480,32	3376,17	1073,43	33030,72	7,84	0,21
					112,8				3887,84				270,95	7,26
					65				2240,34					
39	101-0594	Мастика битумная кровельная горячая	т	-1,728	1646,96	0,00	0,00	1646,96	-2845,95	0,00	0,00	-2845,95	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
40	101-0856	Рубероид кровельный с крупнозернистой посыпкой с пылевидной посыпкой РКП-350Б	м2	-3801,6	7,94	0,00	0,00	7,94	-30184,70	0,00	0,00	-30184,70	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
41	101-9462	Пленка полиэтиленовая	м2	3974	3,41	0,00	0,00	3,41	13551,34	0,00	0,00	13551,34	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
42	12-01-017-1	Устройство выравнивающих стяжек цементно-песчаных толщиной 15 мм	100 м2	34,56	1318,96	301,60	198,56	818,8	45583,26	10423,30	6862,23	28297,73	27,22	1,94
					112,8				12846,3				940,72	67,05
					65				7402,56					
43	12-01-017-2	Устройство выравнивающих стяжек цементно-песчаных на каждый 1 мм изменения толщины добавлять или исключать к (12-01-017-01)	100 м2	172,8	40,40	1,11	2,84	36,45	6981,12	191,81	490,75	6298,56	0,10	0,03
					112,8				300,17				17,28	5,18
					65				172,97					
44	08-02-007-1 прим.	Установка молниеприемной сетки	1 т	0,0521	10062,20	719,51	44,65	9298,04	524,25	37,49	2,33	484,43	63,73	0,54
					114,68				43,21				3,32	0,03
					80				30,14					
45	26-01-039-1	Изоляция покрытий и перекрытий изделиями из волокнистых и зернистых материалов насухо	1 м3	276,48	194,26	139,87	54,39	0	53709,01	38671,26	15037,75	0,00	10,58	0,60
					94				36350,98				2925,16	165,89
					70				27069,88					
46	факт. стоимость	Пеноплекс 35	м3	276,48	2451,90	0,00	0,00	2451,9	677901,31	0,00	0,00	677901,31	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
47	12-01-015-3	Устройство пароизоляции прокладочной в один слой	100 м2	34,56	1084,50	97,69	31,06	955,75	37480,32	3376,17	1073,43	33030,72	7,84	0,21
					112,8				3887,84				270,95	7,26
					65				2240,34					
48	101-0594	Мастика битумная кровельная горячая	т	-17,28	1646,96	0,00	0,00	1646,96	-28459,47	0,00	0,00	-28459,47	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
49	101-0856	Рубероид кровельный с крупнозернистой посыпкой с пылевидной посыпкой РКП-350Б	м2	-3801,6	7,94	0,00	0,00	7,94	-30184,70	0,00	0,00	-30184,70	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
50	101-9121-9	Технозласт ТКП-5,0 (верхний слой)	м2	3456	47,78	0,00	0,00	47,78	165127,68	0,00	0,00	165127,68	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
51	101-9121-10	Технозласт ЭКП-5,0(верхний слой)	м2	3456	50,55	0,00	0,00	50,55	174700,80	0,00	0,00	174700,80	0,00	0,00
									0,00				0,00	0,00
52	12-01-001-2	Устройство кровель скатных из трех слоев кровельных рулонных материалов: на битумной мастике с защитным слоем из гравия на битумной мастике	100 м2	34,56	5381,54	364,74	374,36	4642,44	185986,02	12605,41	12937,88	160442,73	27,26	1,44
					112,8				14974,4				942,11	49,77
					65				8628,87					
<b>Итого по разделу</b>									<b>1408666,35</b>	<b>81463,93</b>	<b>41782,58</b>		<b>6325,84</b>	<b>317,72</b>
											<b>2004,92</b>			

# Продолжение Приложения В

## Продолжение таблицы В.1

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Кол-во	Стоимость единицы				Общая стоимость			Т/з осн. раб. на ед. всего.	Т/з мех. на ед. всего	
					Всего	В том числе			Всего	В том числе				
						Осн. з/п	Эк. Маш. з/пл мех.	Мат.		Осн. з/п	Эк. Маш. з/пл мех.			Мат.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Раздел</b> Полы														
53	11-01-001-2	Уплотнение грунта щебнем	100 м2	34,55	852,87	91,94	90,50 12,04	670,43	29466,67	3176,53	3126,78 415,98	23163,36	7,70 266,04	0,88 30,40
		% накладных расходов			115,62				4153,66					
		% сметной прибыли			75				2694,38					
54	11-01-002-9	Устройство подстилающих слоев бетонных	1 м3	379,2	506,44	43,70	0,26 0,00	462,48	192042,05	16571,04	98,59 0,00	175372,42	1,80 682,56	0,00 0,00
		% накладных расходов			115,62				19159,44					
		% сметной прибыли			75				12428,28					
55	11-01-008-3	Устройство тепло- и звукоизоляции засыпной керамзитовой	1 м3	6,03	385,87	42,75	33,52 6,16	309,6	2326,80	257,78	202,13 37,14	1866,89	2,20 13,27	0,45 2,71
		% накладных расходов			115,62				340,99					
		% сметной прибыли			75				221,19					
56	11-01-015-1	Устройство покрытий бетонных толщиной 30 мм	100 м2	1,02	2466,71	456,45	229,43 38,85	1780,83	2516,05	465,58	234,02 39,63	1816,45	40,43 41,24	2,84 2,90
		% накладных расходов			115,62				584,12					
		% сметной прибыли			75				378,91					
57	11-01-027-2	Устройство покрытий на цементном растворе из плиток керамических для полов многоцветных	100 м2	0,19	10484,60	1492,46	150,07 36,39	8842,07	1992,07	283,57	28,51 6,91	1679,99	119,78 22,76	2,94 0,56
		% накладных расходов			115,62				335,85					
		% сметной прибыли			75				217,86					
58	11-01-021-1	Устройство покрытий однослойных наливных толщиной 4 мм	100 м2	27,66	3311,35	877,66	284,12 146,10	2149,57	91591,95	24276,08	7858,76 4041,13	59457,11	69,60 1925,14	11,20 309,79
		% накладных расходов			115,62				32740,36					
		% сметной прибыли			75				21237,91					
		<b>Итого по разделу</b>							<b>319935,59</b>	<b>45030,58</b>	<b>11548,79</b>		<b>2951,01</b>	<b>346,36</b>
											<b>4540,79</b>			
<b>Раздел</b> Внутренние отделочные работы														
59	15-02-015-1	Штукатурка поверхностей известковым раствором простая по камню и бетону стен	100 м2	11	1644,54	848,33	152,69 77,97	643,52	18089,94	9331,63	1679,59 857,67	7078,72	65,66 722,26	4,99 54,89
		% накладных расходов			98,7				10056,84					
		% сметной прибыли			55				5604,12					
60	15-04-002-2	Известковая окраска водными составами внутри помещений по кирпичу и бетону	100 м2	67,4	76,56	56,66	1,95 0,14	17,95	5160,14	3818,88	131,43 9,44	1209,83	4,88 328,91	0,03 2,02
		% накладных расходов			98,7				3778,55					
		% сметной прибыли			55				2105,58					
61	15-04-024-5	Простая окраска масляными составами по дереву заполнения проемов оконных	100 м2	10	1127,36	555,09	3,50 0,14	568,77	11273,60	5550,90	35,00 1,40	5687,70	44,55 445,50	0,05 0,50
		% накладных расходов			98,7				5480,12					
		% сметной прибыли			55				3053,77					
62	15-05-013-1	Остекление промышленных зданий стальных переплетов стеновых стеклом оконным	100 м2	40,32	5749,01	597,17	52,89 4,24	5098,95	231800,07	24077,89	2132,52 170,96	205589,66	49,15 1981,73	0,64 25,80
		% накладных расходов			98,7				23933,61					
		% сметной прибыли			55				13336,87					
		<b>Итого по разделу</b>							<b>266323,75</b>	<b>42779,30</b>	<b>3978,54</b>		<b>3478,40</b>	<b>83,21</b>
											<b>1039,47</b>			
<b>Раздел</b> Наружные отделочные работы														
63	15-02-015-1	Штукатурка поверхностей известковым раствором простая по камню и бетону стен	100 м2	1,92	1644,54	848,33	152,69 77,97	643,52	3157,51	1628,79	293,16 149,70	1235,56	65,66 126,07	4,99 9,58
		% накладных расходов			98,7				1755,37					
		% сметной прибыли			55				978,17					
		<b>Итого по разделу</b>							<b>3157,51</b>	<b>1628,79</b>	<b>293,16</b>		<b>126,07</b>	<b>9,58</b>
											<b>149,70</b>			
<b>Раздел</b> Прочие работы														
64	27-04-001-4	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований: из щебня	100 м3	0,216	3695,77	278,43	3378,84 356,06	38,5	798,29	60,14	729,83 76,91	8,32	24,19 5,23	20,60 4,45
		% накладных расходов			133,48				182,93					
		% сметной прибыли			95				130,2					
65	09-03-029-1	Монтаж лестниц прямолинейных и криволинейных, пожарных с ограждением	т	0,379	1293,28	433,11	754,55 77,40	105,62	490,15	164,15	285,97 29,33	40,03	32,37 12,27	5,83 2,21
		% накладных расходов			84,6				163,68					
		% сметной прибыли			85				164,46					
66	201-0650	Пожарные лестницы	т	0,379	7802,88	0,00	0,00 0,00	7802,88	2957,29	0,00	0,00 0,00	2957,29	0,00 0,00	0,00 0,00
		<b>Итого по разделу</b>							<b>4245,73</b>	<b>224,29</b>	<b>1015,90</b>		<b>17,50</b>	<b>6,66</b>
											<b>106,24</b>			
		<b>Итого по локальной смете</b>							<b>5976632,83</b>	<b>277509,23</b>	<b>185350,21</b>		<b>21035,48</b>	<b>1680,61</b>
											<b>22315,52</b>			

Затраты по объекту в текущем уровне цен (2001 г.)

Стоимость строительных материалов в текущем уровне цен (4,78)  
 Эксплуатация машин в текущем уровне цен (4,69)  
 ОЗП рабочих в текущем уровне цен (9,22)

26355836,80  
 869292,48  
 2558635,10

Накладные расходы в текущем уровне цен (9,22)  
 Сметная прибыль в текущем уровне цен (9,22)

2918167,53  
 1984957,39  
 34686889,30

Итого по смете в текущем уровне цен

Приложение Г  
Объектная смета

Объектная смета в сумме  
2834052,746 тыс. руб

ОБЪЕКТНАЯ СМЕТА № \_\_\_\_\_

Цех предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях  
(наименование объекта)

Сметная стоимость в ценах 2001 г.: 61369,7 тыс. руб

Средства на оплату труда: 2478,15 тыс. руб

Расчетный измеритель единичной стоимости (индекс удорожания): 46,18

Составлен(а) в ценах по состоянию на: 01.04.2024 г.: 2834052,746 тыс. руб.

N п.п.	Номера сметных расчетов (смет)	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб					Средства на оплату труда	Показатели единичной стоимости	Трудоёмкость, чел.-ч
			Строительных работ	Монтажных работ	Оборудование, мебель	Прочие затраты	Всего			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Используются коэффициенты:										
1	01:00449	Подземная часть	530,30	118,06			<b>1168,53</b>	638,23		
2	01:00452	Надземная часть	32168,09	3674,23	285,198		<b>33459,14</b>	1291,48		
4	01:00456	Отопление	8628,47				<b>8628,47</b>	197,80		
5	01:00457	Вентиляция	4540,40				<b>4540,40</b>	88,82		
6	01:00458	Холодное водоснабжение	3993,05				<b>3993,05</b>	38,52		
7	01:00459	Горячее водоснабжение	4920,84				<b>4920,84</b>	49,95		
8	01:00460	Электроосвещение, электрооборудование	4659,31				<b>4659,31</b>	173,35		
<b>Всего по смете, тыс. руб.</b>			<b>59440,46</b>	<b>3792,23</b>	<b>285,20</b>		<b>61369,7</b>	<b>2478,15</b>		

Проверил \_\_\_\_\_ ( ) Составил \_\_\_\_\_ ( )

Сдал \_\_\_\_\_ ( ) Принял \_\_\_\_\_ ( )

Рисунок Г.1 - Скан документа «Объектная смета»

## Приложение Д

### Сводный сметный расчет

"Утвержден" «   » _____ 2024 г.							
Сводный сметный расчет в ценах 2001 г.						67510,2	тыс.р.
Сводный сметный расчет на 2 кв. 2024 г. (с уч. индекса уорожания - 46,18						3117620,4	тыс.р.
(ссылка на документ об утверждении)							
«   » _____ 2024 г.							
<b>СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА</b>							
Цех предприятия по выпуску деревянных изделий в металлических конструкциях (наименование стройки)							
Составлена в ценах по состоянию на 2001 г.							
№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная СТОИМОСТЬ, тыс.руб.
			строительных работ	монтажных работ	оборудования , мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Глава 1. Подготовка территории строительства</b>							
1	0,4% от СМР	Подготовка территории строительства	346,9				346,9
		Итого по Главе 1	346,9				346,9
<b>Глава 2. Основные объекты строительства</b>							
2		Общестроительные работы	34686,8				34686,8
		Итого по Главе 2	34686,8				34686,8
<b>Глава 4. Объекты энергетического хозяйства</b>							
3	6,5% от СМР	Электроснабжение	4335,9				4335,9
		Итого по Главе 4	4335,9				4335,9
<b>Глава 6. Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и</b>							
4	5,1% от СМР	Водоснабжение, теплоснабжение, канализация	4890,8				4890,8
		Итого по Главе 6	4890,8				4890,8
<b>Глава 7. Благоустройство и озеленение территории</b>							
5	3% от СМР	Благоустройство и озеленение	2428,1				2428,1
		Итого по Главе 7	2428,1				2428,1
		Итого по Главам 1-7	46688,4				46688,4
<b>Глава 8. Временные здания и сооружения</b>							
6	1,2% от 1-7	Временные здания и сооружения	1027,1				1027,1
		Итого по Главе 8	1027,1				1027,1
		Итого по Главам 1-8	47715,6				47715,6
<b>Глава 9. Прочие работы и затраты</b>							
7	3,74% от 1-8	Прочие работы и затраты. Зимнее удорожание	1784,6				1784,6
		Итого по Главе 9	1784,6				1784,6
		Итого по Главам 1-9	49500,1				49500,1
<b>Глава 10. Содержание дирекции</b>							
8	1,4% от СМР	Технический надзор	485,6				485,6
9	0,2% от СМР	Авторский надзор	69,4				69,4
		Итого по Главе 10	555,0				555,0
		Итого по Главам 1-10	50055,1				50055,1
<b>Глава 12. Проектные и изыскательские работы</b>							
10	3% от 1-10	Проектные работы	2502,8				2502,8
11	16,63% от проектных работ	Экспертиза проекта	416,2				416,2
		Итого по Главе 12	2919,0				2919,0
		Итого по Главам 1-12	52974,1				52974,1
<b>Непредвиденные затраты</b>							
12	2-3% от 1-12	Непредвиденные работы и затраты	4237,9				4237,9
		Итого непредвиденные затраты	4237,9				4237,9
		<b>ИТОГО:</b>	<b>57212,0</b>				<b>57212,0</b>
		НДС 20%					10298,2
		Всего по сводному расчету					<b>67510,2</b>
							1,95

Рисунок Д.1 – Скан документа «Сводный сметный расчет»

## Приложение Е

### Технико-экономические показатели объекта

Таблица Е.1 –Технико-экономические показатели

№	Показатели	Сумма
1	Строительный объем здания, м3	36 269
2	Производственная площадь, м2	3 358
3	Общая стоимость строительства, тыс.руб	3 117 620
4	Стоимость общестроительных работ, тыс.руб	1 601 836
5	Стоимость 1м3 здания, тыс.руб	86
6	Стоимость 1м2 здания, тыс.руб	928
7	Численность работников, чел	22
8	Трудозатраты общестроительных работ, чел.час	22 360
9	Выработка на одного работника в день, тыс.руб	573
10	Средняя ЗП одного работника в месяц, тыс.руб	105 711
11	Продолжительность строительства, мес	6
12	Рентабельность общестроительных работ, %	0
13	Средний тарифный разряд работ	3
14	Коэффициент сменности	2
1	Стоимость работ	3 117 620
2	Стоимость ОС работ	1 601 836
3	ФОТ	2 515
4	Т/з	22 360
5	Объем здания	36 269
6	1 м3	86
7	Площадь здания	3 358
8	1 м2	928
9	продолж.стр.	6
10	численность	22
11	ср.з/п	19
12	выработка	573
13	Прибыль	1 957
14	рентабельность	0
15	Ср.тар.разряд	3