

**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Архитектурно-строительный институт

Кафедра

«Строительные конструкции и сооружения»

**Работа проверена**

**Допустить к защите**

Рецензент

Заведующий кафедрой Мишнев М.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

Тема: 16-ти этажный жилой дом в городе Челябинск

**ЮУрГУ-Д**

**000 ПЗ**

Консультанты:

Руководитель работы

*по архитектуре*

Оленьков Валентин Данилович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Сонин Сергей Анатольевич

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

*по технологии строит. произ-ва*

Стуков Анатолий Иванович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы

студент группы АС-445

Воробьева Анастасия Дмитриевна

*по организации строительства*

Стуков Анатолий Иванович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер

Сонин Сергей Анатольевич

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ.....	11
1.1 Природно-климатическая характеристика района строительства	11
1.2 Генеральный план.....	14
1.3 Объемно-планировочные решения.....	15
1.4 Конструктивное решение.....	21
1.4.1 Фундамент.....	21
1.4.2 Колонны.....	21
1.4.3 Ригели.....	22
1.4.4 Плиты перекрытия.....	22
1.4.5 Диафрагмы жесткости.....	22
1.4.6 Наружные стены.....	22
1.4.7 Балконы.....	22
1.4.8 Кровля.....	22
1.4.9 Внутренние стены и перегородки.....	23
1.5 Характеристика систем инженерно-технического обеспечения.....	23
1.5.1 Индивидуальный тепловой пункт (ИТП).....	23
1.5.2 Отопление.....	23
1.5.3 Водоснабжение и канализация.....	24
1.5.4 Электроснабжение.....	25
1.6 Мероприятия по охране окружающей среды.....	25
1.6.1 Мероприятия по очистке сточных вод.....	25
1.6.2 Мероприятия по охране атмосферного воздуха.....	26
1.6.3 Мероприятия по оборотному водоснабжению.....	26
1.6.4 Мероприятия по охране земельных ресурсов.....	26
1.6.5 Мероприятия по охране недр.....	26
1.6.6 Мероприятия по охране объектов растительного и животного мира.....	26

1.6.7 Мероприятия по минимизации возникновения возможных аварийных ситуаций на объектах капитального строительства	27
1.6.8 Мероприятия, обеспечивающие рациональное использование и .....	27
охрану водных объектов .....	27
1.7 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	28
1.8 Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов .....	33
1.9 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций .....	36
1.9.1 Условия расчета .....	36
1.9.2 Расчет и проверка параметров ограждающей конструкции.....	37
1.9.2.1 Расчет толщины слоя каменной ваты ISOVER Фасад.....	38
1.9.2.2 Расчет приведенного сопротивления теплопередачи наружной стены и проверка условия. ....	39
1.9.2.3 Расчет температурного перепада и сравнение его с нормируемой величиной. ....	39
1.9.2.4 Расчет минимальной температуры внутренней поверхности и сравнение ее с температурой точки росы	40
<b>2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ.....</b>	<b>41</b>
2.1 Расчет сборной многопустотной железобетонной плиты перекрытия.....	41
2.1.1 Исходные данные.....	41
2.1.2 Сбор нагрузок.....	43
2.1.3 Компоновка сборного перекрытия.....	46
2.1.4 Установление расчетной схемы панели и расчет внутренних усилий .....	47
2.1.5 Характеристики панели, бетона и арматуры .....	48
2.1.6 Исходное предварительное напряжение в напрягаемой арматуре .....	49
2.1.7 Расчет прочности панели по сечению нормальному продольной оси .....	50
2.1.8 Определение геометрических характеристик приведенного сечения .....	53

2.1.9 Вычисление потерь предварительного напряжения арматуры .....	57
2.1.10 Проверка прочности панели по нормальному сечению	60
2.1.11 Расчет прочности сечений наклонных к продольной оси панели.....	62
2.1.11.1 Расчет на действие поперечной силы по наклонной полосе .....	62
2.1.11.2 Расчет панели по наклонным сечениям на действие поперечных сил .....	63
2.1.12 Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси панели, в стадии эксплуатации .....	64
2.1.13 Расчет прогиба панели в стадии эксплуатации .....	66
2.2 Расчет сборно-монолитного ригеля .....	68
2.2.1 Исходные данные и характеристики бетона и арматуры	68
2.2.2 Сбор нагрузок.....	69
2.2.3 Расчет ригеля в стадии изготовления и транспортирования .....	70
2.2.4 Расчет ригеля в стадии монтажа .....	76
2.2.5 Расчет ригеля в стадии эксплуатации.....	79
3 ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	84
3.1 Определение объемов работ и калькуляции трудозатрат.....	84
3.2 Выбор основных машин и механизмов .....	90
3.3 Технология строительства надземной части здания .....	92
3.3.1 Монтаж колонн .....	93
3.3.2 Монтаж диафрагм жесткости .....	95
3.3.3 Монтаж ригелей .....	96
3.3.4 Монтаж плит перекрытия .....	98
3.3.5 Монтаж лестничных маршей.....	101
3.3.6 Монтаж панелей шахт лифта.....	103
3.3.7 Монтаж вентиляционных блоков.....	104
3.4 Требования к качеству и приемке работ .....	105
3.5 Техника безопасности при производстве работ .....	106

4	ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	109
4.1	Характеристика района по месту расположения объекта .....	109
4.2	Технологическая последовательность работ .....	109
4.2.1	Земляные работы .....	111
4.2.2	Строительно-монтажные работы .....	112
4.2.3	Устройство монолитных железобетонных конструкций.....	112
4.2.4	Инженерные коммуникации.....	113
4.3	Зоны влияния опасных производственных факторов .....	113
4.4	Обоснование потребности строительства в кадрах.....	114
4.5	Обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов .....	115
4.5.1	Определение запасов основных строительных материалов.....	116
4.5.2	Расчет площадей складов.....	116
4.6	Определение потребности во временных зданиях .....	117
4.7	Оценка развитости транспортной инфраструктуры.....	118
4.8	Расчет потребности строительной площадки в воде .....	119
4.9	Расчет потребности в электроэнергии .....	120
4.10	Предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ .....	121
4.11	Перечень мероприятий и проектных решений, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда .....	123
4.11.1	Указания по электробезопасности .....	124
4.11.2	Противопожарные мероприятия .....	125
4.12	Описание проектных решений и мероприятия по охране окружающей среды в период строительства .....	127
4.13	Описание проектных решений и мероприятий по охране объектов в период строительства.....	127
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	128

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует огромное количество разных конструктивных систем здания. Каждая из них отличается своими достоинствами и недостатками. Преимущество отдается каркасным системам здания. В зданиях с такой системой допускается свободная планировка, любая высота этажа, любой шаг колонн. Строительство подобных зданий требует особых мер для обеспечения безопасности.

Темой выпускной квалификационной работы является 16-ти этажное жилое здание на пересечении улиц Александра Шмакова и Краснопольского проспекта в городе Челябинск. В качестве конструктивной схемы был выбран сборно-монолитный железобетонный каркас. Преимущества такого выбора заключаются в заводском качестве изделий, уменьшении сроков и стоимости строительства за счет монолитной части.

В процессе работы над данным проектом необходимо рассмотреть архитектурное и конструктивное исполнение здания, расчет и конструирование выбранных конструкций (сборная многопустотная плита перекрытия и сборно-монолитный ригель), организация строительства и технологию производства строительных работ.

# 1 АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Природно-климатическая характеристика района строительства

Место строительства – город Челябинск, Челябинская область. Местность характеризуется умеренно-континентальным климатом с продолжительной холодной зимой, теплым летом и короткими переходными сезонами. Преобладающие направление ветра в зимний период – юго-западное, в летний – северо-западное. Среднегодовая температура воздуха  $+2,0^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум  $+40^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-48^{\circ}\text{C}$ . Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца составляет 78%, а наиболее теплого месяца 69%.

Зона влажности – сухая.

Снеговой район – III

Ветровой район – II

Расчетный вес снегового покрова –  $Sg = 1,8 \text{ кПа} \left(180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}\right)$

Нормативный скоростной напор ветра -  $Wo = 0,30 \text{ кПа} \left(30 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}\right)$

Расчетная зимняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 –  $t = -34^{\circ}\text{C}$

Наименование грунта в основании – суглинок полутвердый, ненабухающий, непросадочный.

Глубина промерзания грунта – 1,75 м.

Климатический подрайон строительства – I в.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР				

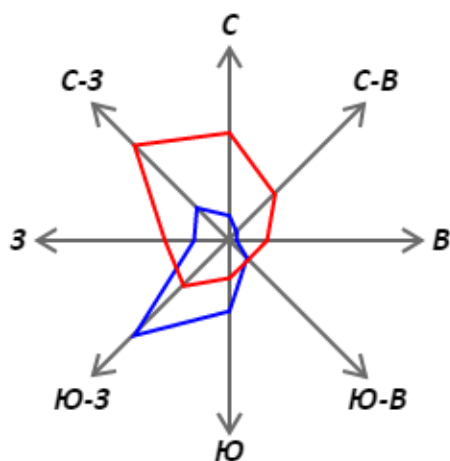


Рисунок 1.1.1 Роза ветров для г. Челябинск  
(синяя линия – январь, красная – июль)

Таблица 1.1.1

Данные розы ветров для г. Челябинска

Месяц	Повторяемость направлений ветра, %								Штиль	Мах V <sub>ср</sub> , м/с
	Скорость ветра по румбам, м/с									
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
Январь	7	3	2	7	20	38	10	13	3	4,5
	4,4	4,2	2,8	2,4	3,1	3,1	3,5	4,5		
Июль	20	12	7	5	7	12	12	25	2	3,2
	4,5	4,4	3,7	2,3	2,9	3,2	3,9	4,5		

Рельеф участка работ равнинный, с полого-волнистой поверхностью, слабонаклонной в юго-восточном направлении. Высотные отметки устьев скважин колеблются в пределах 253,20 м – 253,90 м, относительное превышение составляет 0,70 м.



Сводный геолого-литологический разрез (сверху-вниз) представлен следующими возрастными и литологическими грунтовыми разновидностями:

- ИГЭ 1. Насыпной грунт –  $tQ_{IV}$  – темно-серого, черного цвета, суглинистый, с примесью почвы, с включением щебня, дресвы, песка, строительного мусора. Грунт вскрыт мощностью 1,5-1,7 м;
- Почвенно-растительный слой –  $tQ_{IV}$  – суглинистый, с корнями растений, черного, темно-серого цвета, встречен мощностью 0,5 м в скважине ранее выполненных изысканий;
- ИГЭ 2. Делювиально – пролювиальные отложения –  $dprQ_{IV}$  – суглинок полутвердой консистенции, бурого, серо-коричневого, темно-бурого цвета, с карбонатными включениями, с марганцовистыми вкраплениями, с прожилками ожелезнения, с гравием и дресвой до 5%, местами слабозапесоченный, с маломощными прослойками разнозернистого песка. Грунт отслеживается в виде довольно выдержанного слоя мощностью 2,0 – 5,5 м;
- ИГЭ 4. Элювиальная мезозойская формация –  $eMZ$  – суглинок, местами глина, от твердой до тугопластичной консистенции, пестроцветной окраски (светло-серой, желтовато-зеленовато-серой, желто-коричнево , зеленовато-серой). Грунт жирный на ощупь. В кровле толщи на отдельных участках грунт слабоструктурный, в основном, с хорошо сохранившейся мелко – среднезернистой структурой коренных пород, с дресвой и щебнем до 5–10%. Грунт встречен повсеместно мощностью 19,0 – 19,5 м, на полную мощность не продлен.

Установившийся уровень подземных вод на период изысканий (декабрь 2015 г.) зафиксирован на глубинах 3,4 – 4,1 м. По критериям типизации территорий по подтопляемости площадка жилого дома № 4 классифицируется как подтопленная в естественных условиях, относится к участку I-A-2 – сезонно (ежегодно) подтапливаемому.

## 1.2 Генеральный план

Жилой дом № 4 с объектами СКБО на 1-ом этаже находится в г. Челябинске, микрорайоне № 50 жилого района № 12 Краснопольской площадки № 1 в Курчатовском районе г. Челябинска.

Участок проектирования ограничен с северной стороны Краснопольским проспектом, с южной – объектом торговли, с востока - ул. Александра Шмакова, с западной – жилым домом № 3. Рядом с проектируемым зданием находятся жилые и общественные здания различной этажности.

Размещение 16-ти этажного жилого дома выполнено в соответствии с основными требованиями комфортности проживания. Жилой дом расположен на территории, свободной от застройки, компенсации убытков правообладателям, снос зданий или сооружений, вынос существующих сетей, переселение людей не требуется.

Прилегающая к проектируемому зданию территория озеленена и благоустроена. Озеленение территории достигнуто путем посадки различных видов деревьев и кустарников. Пространство, не занятое застройкой, площадками, проездами и тротуарами засеивается газоном. Хозяйственная площадка с мусороконтейнерами размещена на расстоянии 45 м от проектируемого дома.

Посадка здания и размещение площадок выполнены с учетом действующих норм, инсоляции квартир и организацией противопожарного объезда. На дворовой территории размещены спортивная площадка, площадка отдыха взрослых и детская игровая площадки. Дворовая территория инсолируется и проветривается.

Проектом предусмотрены тротуары, связывающие жителей проектируемого жилого дома с существующими транспортно-пешеходными коммуникациями микрорайона № 50 Краснопольского проспекта. В проекте приняты тротуары шириной 1,5 метра и проезды шириной 6 метров.

Расчет необходимых парковочных мест для легкого автотранспорта выполняется с учетом требований СП 42.13330.2016 «Градостроительство.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Планировка и застройка городских и сельских поселений» [1]. Согласно СП [1] обеспеченность транспортом составляет 350 машин на 1000 человек.

Количество людей, проживающих в доме – 223 человека, количество служащих на 1-ом этаже – 32 человека. На 1000 человек необходимо 350 машино-мест. Необходимое количество парковочных мест для жителей дома и служащих:  $(350 * (223 + 32)) / 1000 = 90$  машино-мест.

Генеральный план представляет собой план участка, на котором показаны: проектируемое и существующие здание (объект торговли). В плане запроектировано устройство дворовых и детских игровых площадок, зон отдыха, хозяйственных площадок.

Площадь застройки – 666,75 м<sup>2</sup>;

Площадь покрытий – 2922,51 м<sup>2</sup>;

Площадь озеленения – 988,2 м<sup>2</sup>;

Площадь участка благоустройства – 4798,8 м<sup>2</sup>;

Площадь игровых, спортивных и хозяйственных площадок – 808,2 м<sup>2</sup>.

### 1.3 Объемно-планировочные решения

Проектируемое здание - 16-ти этажный жилой дом имеет габаритные размеры по координатным осям «1-7» - 24 м., по осям «А-Д» - 20,9 м. Здание запроектировано одноподъездным. Высота здания 52,25 м. от уровня чистого пола первого этажа.

Высота подвального этажа – 2,8 м

Высота 1-го этажа – 3,6 м.

Высота жилых этажей – 3,0 м.

Одноподъездный 16-ти этажный жилой дом состоит из:

- подвал – техническое помещение, ИТП, насосной;
- 1 этаж – встроенные нежилые помещения социально-бытового обслуживания 32 рабочих мест, режим работы – 1,5 смены;
- 2-16 этажи – жилые помещения.

Таблица 1.3.1

Технико-экономические показатели проектируемых  
объектов капитального строительства

Показатель	Ед. изм.	Количество
Количество этажей	-	17
Этажность здания	-	16
Площадь застройки	м <sup>2</sup>	663.7
Строительный объем, в том числе	м <sup>3</sup>	29226
- ниже отм. 0.000	м <sup>3</sup>	1529
- выше отм. 0.000	м <sup>3</sup>	27697
Площадь жилого здания (площадь в пределах внутренних поверхностей наружных стен), в том числе	м <sup>2</sup>	8201.77
- подвального этажа	м <sup>2</sup>	487.91
- площадь 1-го этажа	м <sup>2</sup>	502.71
- площадь жилого этажа	м <sup>2</sup>	479.55
- площадь помещения выхода на кровлю	м <sup>2</sup>	17.9
Расчетная площадь встроенных нежилых помещений социально-бытового обслуживания	м <sup>2</sup>	391.66
Общая площадь квартир (с лоджиями и балконами), в том числе	м <sup>2</sup>	5631.67
- однокомнатных	м <sup>2</sup>	1291.11
- двухкомнатных	м <sup>2</sup>	3105.3
- трехкомнатных	м <sup>2</sup>	1235.26

Площадь квартир, в том числе	м <sup>2</sup>	5470.27
- однокомнатных	м <sup>2</sup>	1255.11
- двухкомнатных	м <sup>2</sup>	3011.25
- трехкомнатных	м <sup>2</sup>	1203.91
Жилая площадь квартир, в том числе	м <sup>2</sup>	2830.2
- однокомнатных	м <sup>2</sup>	568.95
- двухкомнатных	м <sup>2</sup>	1555.5
- трехкомнатных	м <sup>2</sup>	705.75
Количество квартир, в том числе	шт.	90
- однокомнатных	шт.	30
- двухкомнатных	шт.	45
- трехкомнатных	шт.	15
Расчетное число жителей	чел.	223
Расчетное число служащих встроенных помещений 1-го этажа	чел.	32
Число м/мест	м/мест	38

Каждая квартира выходит на поэтажный лестнично-лифтовой узел, там расположена лифтовая площадка. В здании предусмотрен 1 пассажирский и 1 грузовой лифт. Так же в здании запроектирована незадымляемая лестничная клетка типа Н1, она же является основной лестницей. Безопасность эвакуации людей из здания в случае чрезвычайного происшествия осуществляется через незадымляемую лестницу.

По характеру использования все помещения квартиры делятся на две группы: жилые помещения и подсобные помещения. Ориентация жилых комнат по сторонам света отвечает требованиям инсоляции и проветривания квартир – обеспечивается инсоляцией не менее, чем в одной комнате. На каждом этаже

находится 6 квартир. Типовой этаж жилой части здания имеет вместимость 2-2-1-1-2-3.

Экспликация квартир приведена в таблице ниже (таблица 1.3.2). Квартиры запроектированы таким образом, что при небольшой площади имеют удобное и просторное построение внутреннего пространства, учитывая современные потребности в жилье. В квартирах предусмотрены санузлы, балкон или лоджия. Кухни и санузлы имеют специальное оборудование. Эти помещения вентилируются с помощью вентиляционных каналов.

Таблица 1.3.2

Экспликация квартир

№ квартиры	Количество комнат	Помещение	Площадь, м <sup>2</sup>
1А	Однокомнатная квартира	Жилая комната	18,82
		Кухня	11,82
		С/у совмещенный	3,77
		Гардеробная	2,25
		Коридор	5,10
		Балкон	1,20
	Итого:	Жилая площадь	18,82
		Общая площадь	42,96
1Б	Однокомнатная квартира	Жилая комната	19,11
		Кухня	11,82
		С/у совмещенный	3,77
		Гардеробная	3,01
		Коридор	4,26
		Балкон	1,20
	Итого:	Жилая площадь	19,11
		Общая площадь	43,17

2А	Двухкомнатная квартира	Зал	19,03
		Спальная комната	12,51
		Кухня	11,81
		Ванная комната	3,30
		Туалет	2,88
		Гардеробная	3,85
		Коридор	10,23
		Лоджия	2,09
	Итого:	Жилая площадь	31,54
		Общая площадь	65,07
2Б	Двухкомнатная квартира	Зал	19,02
		Спальная комната	12,46
		Кухня	13,76
		Ванная комната	3,58
		Туалет	2,42
		Гардеробная	4,25
		Коридор	11,41
		Лоджия	2,09
	Итого:	Жилая площадь	31,48
		Общая площадь	68,99
2В	Двухкомнатная квартира	Зал	21,84
		Спальная комната	18,84
		Кухня	13,09
		Ванная комната	3,44
		Туалет	2,32
		Гардеробная	3,87
		Коридор	7,53

	Итого:	Жилая площадь	40,68
		Общая площадь	73,02
3А	Трехкомнатная квартира	Зал	20,90
		Спальная комната	11,40
		Спальная комната	14,75
		Кухня	13,72
		Ванная комната	3,33
		Туалет	2,17
		Гардеробная	2,68
		Коридор	11,29
		Лоджия	2,09
	Итого:	Жилая площадь	47,05
Общая площадь		82,36	

Встроенные помещения СКБО имеют отдельный центральный вход со стороны перекрестка ул. Александра Шмакова и Краснопольского проспекта и свою внутреннюю лестничную клетку. Для эвакуации предусмотрены два выхода: основной – на перекресток и запасной – на дворовую территорию непосредственного с первого этажа. в подвале для помещений социально-бытового обслуживания предусмотрены подсобные помещения.

Здания жилого дома запроектировано с подвалом. Площадь подвального этажа – 487,91 м<sup>2</sup>. В подвале размещены водомерный узел площадью – 28,61 м<sup>2</sup>, насосная – 31,14 м<sup>2</sup>, индивидуальный тепловой пункт площадью – 27,25 м<sup>2</sup>, комната хранения ртутных ламп площадью – 18,43 м<sup>2</sup>. Электрощитовая площадью 13,58 м<sup>2</sup> с отдельным входом запроектирована на 1-ом этаже.



## 1.4 Конструктивное решение

Конструктивная схема здания – каркасная, сборно-монолитная.

Расчетная схема каркаса представляет собой совокупность стержневых конечных элементов – вертикальных (колонн) и горизонтальных (ригелей) и плоскостных – горизонтальных (фундаментная плита, плиты перекрытия, монолитные плиты и участки), вертикальных (диафрагмы жесткости).

Пространственная жесткость здания обеспечивается за счет диафрагм жесткости сборных железобетонных толщиной 140 мм. Диафрагмы жесткости жестко закреплены с фундаментной плитой через закладные детали.

Горизонтальная жесткость здания обеспечена единым монолитным диском плит перекрытий и железобетонных ригелей за счет анкеровки плит и совместного омоноличивания их с ригелями.

Степень огнестойкости – II (СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные» [2])

Класс здания по функциональной пожарной опасности – Ф1.3 (№ 123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [3])

Класс конструктивной пожарной опасности – С0 (СП [2])

Уровень ответственности здания – 2 (ГОСТ Р 54257-2010 [4])

### 1.4.1 Фундамент

Монолитная железобетонная плита переменной толщины – 1000 мм под зданием; 500 мм – под входными группами и спуском в подвал. класс бетона В25.

### 1.4.2 Колонны

Сборные железобетонные сечением 500x500 и 400x400 на болтовом соединении, класс бетона В30, В40.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

21

#### 1.4.3 Ригели

Сборно-монолитные с предварительно напряженной нижней арматурой с жестким заземлением на опорах (колоннах), высотой после омоноличивания 220 мм и 270 мм, класс бетона В25.

#### 1.4.4 Плиты перекрытия

Сборные многопустотные железобетонные толщиной 220 мм с подрезанной полкой опирания, анкеруются с ригелями арматурными стержнями через закладные детали, расположенные на каркасах плит перекрытия.

#### 1.4.5 Диафрагмы жесткости

Сборные железобетонные толщиной 140 мм, класс бетона В30. Крепятся к колоннам через закладные детали.

#### 1.4.6 Наружные стены

Конструкция наружных стен выполнены из ИНСИ-блока (толщина 300 мм), утеплителя пенополистерола (толщина 100 мм) и каменной ваты «ISOVER Фасад» (толщина 100 мм), базового штукатурного слоя Ceresit и декоративной штукатуркой Ceresit Dekor Plus (толщина 10 мм).

#### 1.4.7 Балконы

Сборные железобетонные индивидуального изготовления, толщиной 160 мм, опирающиеся на металлические стойки квадратного сечения 200x200 мм.

#### 1.4.8 Кровля

Совмещенная с внутренним водостоком, плоская рулонная из 1-го слоя Унифлекс с ЭКП и 1-го слоя Унифлекса ВЕНТ ЭПВ по стяжке из хризотилцементных плоских листов (2 слоя по 10 мм). Утеплитель пенополистирол

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР				

толщиной 200 мм. уклон кровли обеспечен пенополистиролом за счет перепада толщины от 60 мм до проектной 230 мм ( $i=1,5-2,5\%$ ).

#### 1.4.9 Внутренние стены и перегородки

Межкомнатные перегородки запроектированы из ячеистого блока ИНСИ-блок толщиной 100 мм, перегородки сан. узлов – кирпичные толщиной 120 мм.

Межквартирные стены выполнены из ячеистого блока ИНСИ-блок толщиной 200 мм, а также многослойными из железобетонной диафрагмы толщиной 140 мм и слоя ячеистого блока ИНСИ-блок толщиной 100 мм, общая толщина стен – 240 мм.

#### 1.5 Характеристика систем инженерно-технического обеспечения здания

##### 1.5.1 Индивидуальный тепловой пункт (ИТП)

Схема теплоснабжения – закрытая, двухтрубная. Системы отопления и горячего водоснабжения подключены через ИТП по проекту шифр 3507-ОВ1, ООО «Сервис-центр «УВП»». Температура теплоносителя в системах отопления жилой части 90 – 65 °С, объектов СКБО 95 – 65 °С. Присоединение систем отопления жилых квартир и помещений СКБО выполнено через индивидуальные пластинчатые теплообменники. Обеспечение горячей водой жилой части дома и помещений СКБО выполнено от общего пластинчатого теплообменника, подключенного к узлу управления ИТП жилой части по двухступенчатой смешанной схеме.

##### 1.5.2 Отопление

Система отопления квартир горизонтальная, двухтрубная, лучевая со скрытой прокладкой труб из сшитого полиэтилена в конструкции пола. Система отопления объектов СКБО горизонтальная, двухтрубная, выполнена из стальных труб по ГОСТ 3262-75 [5]. Трубопроводы проложены открыто, вдоль стен, над

полом. Подключение систем отопления квартир к главному стояку осуществляется через распределительные узлы, расположенные в квартирах и общих коридорах поэтажно.

Система отопления лестничных клеток и лифтовых вертикальная однотрубная, проточная. Лестничная клетка, лифтовой холл и технические помещения жилого дома подключены к отдельной магистрали общедомовых помещений. В качестве отопительных приборов в комнатах квартир и помещениях СКБО установлены конвекторы «Универсал КСК-20». В санитарных помещениях квартир, лестничной клетке и в лифтовых холлах установлены конвекторы «Теплостиль КНС-20». Отопительные приборы размещены у наружных стен, под оконными проемами, в местах, доступных для осмотра, ремонта, очистки.

### 1.5.3 Водоснабжение и канализация

Водоснабжение и канализация жилого дома с встроенными нежилыми помещениями на 1 этаже запроектированы согласно СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий» [6]. В доме предусмотрены два ввода водопровода  $d$  100 мм с устройством водомерного узла в два обводными линиями с эл. затворами для пропуска пожарного расхода воды.

Система водоснабжения запроектирована отдельная: пожарная и хозяйственная. Сеть пожарного водоснабжения закольцована в подвальном этаже. Магистральные сети водоснабжения в подвале и стояки выполнены из стальных водогазопроводных оцинкованных труб ГОСТ [5], в квартирах – пластиковые. Для горячего водоснабжения предусматривается теплообменник. Система горячего водоснабжения предусмотрена с циркуляцией.

Внутренняя сеть канализации запроектирована отдельная: для жилого дома и для встроенных помещений.

#### 1.5.4 Электроснабжение

Электроснабжение жилого дома со встроенными помещениями общественного назначения осуществляется от внешней питающей сети напряжением 380/220 В с системой заземления TN-N-S. Электроснабжение жилой части дома предусмотрено от ВРУ1, встроенных помещений первого этажа – от собственного ВРУ2. Все ВРУ устанавливаются в электрощитовой на 1 этаже здания. Для распределения электроэнергии по квартирам предусматриваются этажные щиты, в которых устанавливаются автоматические выключатели для защиты групповых сетей квартир.

#### 1.6 Мероприятия по охране окружающей среды

Избежать поступления загрязняющих веществ в атмосферу с выхлопными газами автомобилей как в период строительства, так и в период эксплуатации не представляется возможным. Только использование исправной техники, соответствующей техническим и экологическим требованиям исключит вероятность увеличения выбросов вредных веществ в атмосферу от двигателей автомобилей. Воздействие источников выбросов проектируемого жилого дома № 4 в период строительства и эксплуатации незначительное, допустимое, менее установленных гигиенических нормативов для воздуха населенных мест.

##### 1.6.1 Мероприятия по очистке сточных вод

В соответствии с СП [1] предложены следующие мероприятия:

- хоз-бытовые стоки жилого дома отправляются в проектируемые канализационные сети, затем на очистные сооружения г. Челябинска;
- водоотвод с территории проектирования решен в проектируемую дождевую канализацию закрытого типа.

Очистка стоков на территории не осуществляется. Аварийные сбросы сточных вод исключены.

#### 1.6.2 Мероприятия по охране атмосферного воздуха.

В связи с отсутствием загрязнения атмосферного воздуха выше установленных санитарно-гигиенических норм, дополнительные мероприятия по охране атмосферного воздуха не требуется.

#### 1.6.3 Мероприятия по оборотному водоснабжению

Мероприятия по оборотному водоснабжению для жилых домов не требуется.

#### 1.6.4 Мероприятия по охране земельных ресурсов

В соответствии с СП [1] предусмотрены мероприятия:

- организация закрытой системы ливневой канализации;
- организация дренажной канализации;
- организация контейнерной площадки с установкой одного контейнера;
- благоустройство, озеленение территории.

#### 1.6.5 Мероприятия по охране недр

Полезные ископаемые под участком предстоящей застройки отсутствуют. Строительство жилого дома не затрагивает недра. Разработка мероприятий не требуется.

#### 1.6.6 Мероприятия по охране объектов растительного и животного мира

В границах проектированного жилого дома № 4 имеются деревья в количестве 23 шт., подлежащие сносу. Для смягчения негативного воздействия на растительный и животный мир проектом предусмотрено озеленение территории жилого дома. Площадь озеленения составит 988,2 м<sup>2</sup>.

									Лист
									26
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР				

Предусмотрена посадка деревьев и кустарников:

- посадка деревьев 10-летнего возраста: рябина обыкновенная – 14 шт., липа – 8 шт., всего – 22 шт.;
- посадка кустарников 5-ти летнего возраста: калина обыкновенная – 5 шт., сирень – 40 шт., спирея японская – 56 шт., всего – 101 шт.;
- устройство газона площадью 1083,54 м<sup>2</sup>.

#### 1.6.7 Мероприятия по минимизации возникновения возможных аварийных ситуаций на объектах капитального строительства

Проектом предусмотрены мероприятия по минимизации возникновения возможных аварийных ситуаций и их последствий:

- для предотвращения пожара предусмотрены системы внутреннего и наружного пожаротушения, система оповещения о пожаре;
- при разрушении ртутных ламп осколки не должны выбрасываться, они должны собираться в специальном контейнере.

#### 1.6.8 Мероприятия, обеспечивающие рациональное использование и охрану водных объектов

Строительство и эксплуатация жилого дома не затрагивает водных объектов, использование водных биологических ресурсов. Мероприятия, технических решений и сооружений, обеспечивающих рациональное использование и охрану водных объектов, а также сохранение водных биологических ресурсов и среды их обитания не требуется.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

27

## 1.7 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Система обеспечения пожарной безопасности жилого дома со встроенными помещениями включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Система предотвращения пожара предназначена для исключения условий возникновения пожара. Системе предотвращения пожара в проектируемом объекте обеспечивается:

- применением пожаробезопасных строительных материалов, различного инженерно-технического оборудования, прошедших соответствующие испытания и имеющие сертификаты соответствия;
- отсутствием пожароопасного оборудования;
- применением электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной зоны;
- привлечением организаций, имеющие допуски к определенным видам работ по проектированию, монтажу, наладки, эксплуатации и технического обслуживания противопожарных систем.

Системы противопожарной защиты предназначены для защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара. Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара обеспечивается следующим способом:

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности (таблица 1.7.1), соответствующими требуемым степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности здания, сооружений и строений, а

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

28



также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев строительных конструкций на путях эвакуации;

- применение огнезащитных составов и строительных материалов для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;
- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение первичных средств пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Таблица 1.7.1

Пределы огнестойкости строительных конструкций здания

Наименование конструкции	Характеристика	Пределы огнестойкости / классы пожарной опасности строительных конструкций	Требуемые характеристики для зданий степени огнестойкости II, класса пожарной опасности С0
Колонны	Сборные ж/б, класс бетона В40, В30, сечение 500х500 и 400х400, защитный слой при ширине колонны 400 мм – 40 мм, при ширине колонны 500 мм – 60 мм.	R 120 / К0	R 90 / К0
Ригели	Сборно-монолитные ж/б, класс бетона В25, высотой омоноличивания 220 мм и 270 мм, ширина 500 мм, защитный слой – 20 мм.	R 90 / К0	R 90 / К0

Диафрагмы жесткости	Сборные ж/б, класс бетона В30, толщина 140 мм, защитный слой – 20 мм.	R 90 / K0	R 90 / K0
Плиты перекрытия междуэтажные в том числе и над подвалом	Сборные ж/б многопустотные плиты толщиной 220 мм, бетон В25, защитный слой – 30 мм.	REI 60 / K0	REI 45 / K0
Монолитные участки плиты	Монолитные ж/б, класс бетона В25, толщина от 160 мм до 220 мм, защитный слой – 30 мм.	REI 60 / K0	REI 45 / K0
Плиты балконные	Сборные ж/б, класс бетона В20, толщина 160 мм, защитный слой – 30 мм.	REI 60 / K0	REI 45 / K0
Панели шахт лифтов	Сборные ж/б, класс бетона В25, толщина 160мм и 220 мм (средние панели).	REI 120 / K0	R 45 / K0
Марши и площадки лестниц	Сборные ж/б лестничные марши полуплощадками, бетона В25, высота опорного ребра 240 мм, защитный слой - 35 мм.	R 60 / K0	R 60 / K0
Наружные стены подвала	Бетонные блоки ФБС по ГОСТ 13579-78, толщиной 400 мм, класс бетона В15.	R 120 / K0	R 90 / K0
Наружные ненесущие стены	Блок из ячеистого бетона ИНСИ-блок (ГОСТ 31360-2007), толщиной 300 мм, В3,5, D600, F100.	E 15 / K0	E 120 / K0

Внутренние стены (ненесущие)	Стены, отделяющие встроенные помещения от жилой части здания многослойные: кирпичный толщиной 120 мм + блок из ячеистого бетона ИНСИ- блок, толщиной 100 мм, местами – блок из ячеистого бетона ИНСИ-блок, толщиной 200 мм.	EI 120 / K0	EI 30 / K0
	Внутренние межкомнатные перегородки кирпичные толщиной 120 мм (сан. узлы) и перегородки из ячеистого блока ИНСИ-блок D600, В3,5 толщиной 100 мм.	EI 120 / K0	EI 30 / K0
	Внутренние стены лестничной клетки - ИНСИ- блок толщиной 200 мм.	REI 90 / K0	REI 90 / K0
	Межквартирные стены – ИНСИ-блок толщиной 200 мм.	EI 120 / K0	EI 30 / K0
Перемычки над проемами	Сборные ж/б серии 1.038.1-1 выпуск 1.	EI 120 / K0	EI 30 / K0
Кровля	Совмещенная, с внутренним водостоком, рулонная из 1-го слоя Техноэласта и 1-го слоя Унифлекса по цементно- песчаной стяжке толщиной 40 мм.	Г4, В3, РП4	-
Двери наружные	Двери выхода на кровлю, электрощитовую металлические противопожарные.	EI 30 / K0	EI 30 / K0
	Двери лестничного перехода металлические, противопожарные.	EI 30 / K0	EI 30 / K0

Двери внутренние	Входные в помещения, в здание – утепленные металлические по ГОСТ 31173-2003, межкомнатные деревянные по ГОСТ 6629-88.	-	не нормируется
Оконные и балконные блоки	Из профиля ПВХ, с трехкамерной системой оконного профиля.	-	не нормируется
Ограждения балконов	Кирпичные толщиной 120 мм.	EI 45 / K0	EI 120 / K0
	Металлические	НГ	-

При строительстве здания необходимо представить документацию, подтверждающую пределы огнестойкости строительных конструкций и класс конструктивной пожарной опасности. Строительные конструкции жилого дома со встроенными помещениями соответствуют предъявляемым требованиям II степени огнестойкости. Все вышеуказанные конструкции выполняются из негорючих материалов.

Проектом предусмотрена негорючая отделка стен, потолков, коридоров, лифтовых холлов, наружных стен здания с внешней стороны, маршей и площадок лестничных клеток.

К проектируемому жилому дому прилегают:

- юго-западная сторона - одноэтажный магазин на расстоянии 18 м;
- западная сторона – жилой дом № 3 на расстоянии 44 м.

Проезд пожарной техники предусмотрен с двух продольных сторон дома. Для проезда пожарной техники вокруг дома запроектированы проезды шириной не менее 6 м. Для пешеходов вдоль проездов запроектированы тротуары шириной 1,5 м.

Водоснабжение жилого дома предусматривается от кольцевого магистрального водопровода в микрорайоне № 50. Расход воды на наружное пожаротушение при объеме здания  $V = 29394 \text{ м}^3$ , составляет 25 л/сек от каждого из 2-х пожарных гидрантов, установленных на кольцевом водопроводе.

### 1.8 Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов

Благоустройство территории перед зданием запроектировано с учетом комфортности доступности к входам в здание и возможности свободного перемещения по придомовой территории.

Устроены пандусы на тротуарах для съезда на проезжую часть (с уклоном не более 1:10). Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов в жилую часть здания представлены в таблице 1.8.1.

Таблица 1.8.1

#### Обеспечение доступа инвалидов в жилую часть здания

Помещение	Мероприятие	Описание
Встроенные помещения		
Входная группа	Пандус	<p>Вход оборудован пандусом с уклоном 1:20.</p> <p>Ширина пандуса 1,5 м, длина марша 5 м. Верхняя часть пандуса примыкает к входной площадке на которой обеспечена возможность маневрирования для инвалидов-колясочников.</p> <p>Пандус оборудован непрерывными поручнями с двух сторон на высоте 0,7 и 0,9 м. по продольным краям маршей пандусов предусмотрены бортики высотой 0,06 м. Перед и после подъема на пандус предусмотрена предупредительная контрастно окрашенная полоса.</p>

Входная группа	Наружная лестница	Ширина проступей – 0,3 м, высота подъема ступеней – 0,15 м, уклон марша 1:2, ребро ступени имеет закругление радиусом не более 0,05 м. На ограждениях лестниц и площадок предусматриваются поручни на высоте не менее 0,9 м. Перед лестницей – на спуске и подъеме – предупредительная контрастно окрашенная полоса на верхней и нижней ступени с подступенком.
	Входные наружные двери, тамбур	Ширина проемов входных дверей 2 м. Форма ручки дверей П-образная, позволяющая управлять одной рукой. Высота порогов дверей – не более 2,5 см. Покрытие пола – нескользящее.
Жилая часть дома		
Входная группа	Пандус	Вход оборудован пандусом с уклоном 1:20. Ширина пандуса 1,5 м, длина марша до 4,5 м. Верхняя часть пандуса примыкает к входной площадке на которой обеспечена возможность маневрирования для инвалидов-колясочников. Пандус оборудован непрерывными поручнями с двух сторон на высоте 0,7 и 0,9 м. по продольным краям маршей пандусов предусмотрены бортики высотой 0,05 м. Перед и после подъема на пандус предусмотрена предупредительная контрастно окрашенная полоса.

Входная группа	Наружная лестница	Ширина проступей – 0,4 м, высота подъема ступеней – 0,15 м, уклон марша 1:2, ребро ступени имеет закругление радиусом не более 0,05 м. На ограждениях лестниц и площадок предусматриваются поручни на высоте не менее 0,9 м. Перед лестницей – на спуске и подъеме – предупредительная контрастно окрашенная полоса на верхней и нижней ступени с подступенком.
	Входные наружные двери, тамбур	Ширина проемов входных дверей 1,36 м, предусмотрен доводчик с задержкой закрывания 5 секунд. Форма ручки дверей П-образная, позволяющая управлять одной рукой. Высота порогов дверей – не более 1,0 см. Покрытие пола – нескользящее. Глубина тамбура – 2,3 м.
	Домофон	Предусматривается домофон со звуковой и световой сигнализацией.
Внутренние помещения	Лифтовые холлы	Обеспечен беспрепятственный доступ к лифтам жилой части, в том числе на 1 этаже. глубина площадок перед лифтами 2,08 м, достаточная для маневрирования инвалидов-колясочников. Предусмотрена световая и звуковая индикация о движении лифта, на участке пола перед лифтом контрастно-окрашенная поверхность шириной 0,3 м. Кнопка вызова расположена на высоте 1 м.

Внутренние помещения	Лифты	<p>Для доставки маломобильных групп населения на этаж предусматриваются 2 пассажирских лифта.</p> <p>Лифт 1 (для групп М1 – М4), габариты кабины: ширина 2,1 м, глубина 1,1 м. Габариты дверного проема 1,3 х 2,1 м.</p> <p>Лифт 2 (для групп М1 – М3), габариты кабины: ширина 0,9 м, глубина 1,075 м. Габариты дверного проема 0,8 х 2,1 м.</p>
----------------------	-------	---

### 1.9 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Теплотехнический расчет производится с целью проверить назначенные параметры наружных ограждающих конструкций здания. Расчет ведется согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [7]. Он заключается в определении необходимой толщины теплозащитного слоя, при которой температура на внутренней поверхности ограждения будет выше температуры точки росы внутреннего воздуха и будет удовлетворять теплотехническим требованиям:

$$R_0 \geq R_{req}.$$

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций производится для отапливаемых помещений в зимних условиях, когда тепловой поток направлен из помещения в наружную среду.

#### 1.9.1 Условия расчета

Зона влажности – сухая.

Температура внутреннего воздуха здания  $t = 20^{\circ}\text{C}$



## Характеристика слоев стены и теплотехнические показатели

Номер слоя	Материал слоя	Толщина, $\delta s$ , м	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Расч. коэффициент теплопроводности $\lambda s$ Вт/м <sup>2</sup> °С
1	Штукатурка	0,01	1800	1
2	Каменная вата «ISOVER Фасад»	X	145	0,037
3	Блоки из ячеистого бетона ИНСИ-блок	0,3	600	0,14
4	Штукатурка	0,01	1600	0,7

## 1.9.2 Расчет и проверка параметров ограждающей конструкции

Приведенное сопротивление теплопередачи  $R_0$  ограждающей конструкции следует принимать не менее нормируемого значения  $R_0^{\text{норм}}$ . Особенностей региона строительства нет, значит значение следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода ГСОП региона строительства:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot Z_{\text{от}}, \text{ где} \quad (1.9.2.1)$$

$t_{\text{от}} = -6,5$  °С - средняя температура наружного воздуха;

$Z_{\text{от}} = 218 \frac{\text{сут}}{\text{год}}$  – продолжительность отопительного периода, принимаемые по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С;

$t_{\text{в}} = 20$  °С - расчетная температура внутреннего воздуха здания, принимаемая по минимальным значениям оптимальной температуры по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Тогда:

$$\text{ГСОП} = (20 + 6,5) \times 218 = 5777 \text{ °С} \cdot \text{сут/год}$$

Значения  $R_0^{\text{норм}}$  для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = a \times \text{ГСОП} + b, \text{ где} \quad (1.9.2.2)$$

$a = 0,00035; b = 1,4$  – коэффициенты для соответствующих групп зданий.

Тогда:

$$R_0^{\text{норм}} = 0,00035 \times 5777 + 1,4 = 3,42 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{°C})}{\text{Вт}}$$

### 1.9.2.1 Расчет толщины слоя каменной ваты «ISOVER Фасад»

Примем, что приведенное сопротивление теплопередачи  $R_0$  многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \text{ где} \quad (1.9.2.1.1)$$

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции;

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции;

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, определяемое для материальных слоев по формуле:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s}, \text{ где} \quad (1.9.2.1.2)$$

$\delta_s$  – толщина слоя, м, по [табл. 1.9.1.1];

$\lambda_s$  – теплопроводность материала слоя,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{°C})}$ , по [табл. 1.9.1.1].

Тогда:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{1} + \frac{0,3}{0,14} + \frac{X}{0,037} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23}$$

Должно выполняться условие:

$$R_0 \geq R_0^{\text{норм}} \quad (1.9.2.1.3)$$

Тогда из условия определим толщину утеплителя:

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{1} + \frac{0,3}{0,14} + \frac{X}{0,037} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} \geq 3,42$$

$$X \geq \left( 3,42 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,01}{1} - \frac{0,3}{0,14} - \frac{0,01}{0,7} - \frac{1}{23} \right) \times 0,037 = 0,041 \text{ м}$$

Принимаем толщину слоя каменной ваты «ISOVER Фасад»  $X = 0,1$  м.

### 1.9.2.2 Расчет приведенного сопротивления теплопередачи наружной стены и проверка условия.

С учетом наличия теплопроводных включений приведенное сопротивление теплопередачи определяется по формуле:

$$R_0^r = R_0 \times r, \text{ где} \quad (1.9.2.2.1)$$

$R=1$  – коэффициент теплотехнической однородности, учитывающий наличие теплопроводных включений для стен зданий из кирпича и блоков.

Тогда:

$$R_0^r = \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{1} + \frac{0,3}{0,14} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} \right) \times 1 = 5,03$$

Проверка выполнения условия:

$$R_0^r = 5,03 \geq R_0^{\text{норм}} = 3,42$$

Условие выполняется. Толщина слоя подобрана верно.

### 1.9.2.3 Расчет температурного перепада и сравнение его с нормируемой величиной.

Расчет температурный перепад  $\Delta t_0$  между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности определяется по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{(t_B - t_H)}{(R_0^r \cdot \alpha_B)}, \text{ где} \quad (1.9.2.3.1)$$

$t_H = -34^\circ\text{C}$  – средняя температура наиболее холодной пятидневки

Тогда:

$$\Delta t_0 = \frac{20+34}{5,03 \times 8,7} = 1,23^\circ\text{C}$$

Должно выполняться условие:

$$\Delta t_0 \leq \Delta t^H, \text{ где} \quad (1.9.2.3.2)$$

$\Delta t^H = 4^\circ\text{C}$  – нормир. температурный перепад для жилых зданий

Тогда:

$1,23 \leq 4$  - условие выполняется.

1.9.2.4 Расчет минимальной температуры внутренней поверхности и сравнение ее с температурой точки росы.

Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружных ограждений при расчетных условиях внутри помещения должна быть не менее температуры точки росы.

$$\tau_B \geq t_p, \text{ где} \quad (1.9.2.4.1)$$

$\tau_B$  – минимальная температура внутренней поверхности определяется по формуле:

$$\tau_B = t_B - \Delta t_0 = 20 - 1,23 = 18,77^\circ\text{C}, \text{ где} \quad (1.9.2.4.2)$$

$t_p = 7,7^\circ\text{C}$  – температура точки росы при расчетных условиях внутри помещения.

Тогда:

$$18,77^\circ\text{C} \geq 7,7^\circ\text{C}$$

Условие выполняется, следовательно, принятая ограждающая конструкция, удовлетворяет требованиям теплотехнического расчета.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

40

## 2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ

Для проектируемого односекционного 16-ти этажного жилого дома в расчетно-конструктивном разделе производится расчет и конструирование сборной многопустотной железобетонной плиты перекрытия с подрезанной кромкой и сборно-монолитного ригеля.

### 2.1 Расчет сборной многопустотной железобетонной плиты перекрытия

#### 2.1.1 Исходные данные

- Пролет здания –  $\ell_1 = 4,5$  м;
- Шаг колонн –  $\ell_2 = 6,0$  м;
- Класс бетона панели – В25;
- Класс напрягаемой арматуры – А800;
- Способ натяжения арматуры – механический, на упоры;
- Высота этажа -  $H_3 = 3,0$  м;
- Количество этажей (без подвала) – 16;
- Толщина наружных стен –  $h_c = 30$  см;
- Относительная влажность воздуха в помещении – 55%;
- Нормативная полезная нагрузка на перекрытие –  $p_n = 1,5$  кН/м<sup>2</sup>, в том числе кратковременно действующая –  $p_{n,sh} = 0,525$  кН/м<sup>2</sup>;
- Нагрузка от собственного веса конструкций пола –  $g_{пол}^n = 1,0621$  кН/м<sup>2</sup>;
- Нагрузка от перегородок –  $g_{пер}^n = 1,5$  кН/м<sup>2</sup>;

С учетом схемы опирания панели на ригель (рис. 2.1.1.1) определяем конструктивную длину и расчетный пролет панели. Расчетный пролет – расстояние между осями площадок опирания панели на полку ригеля.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

41

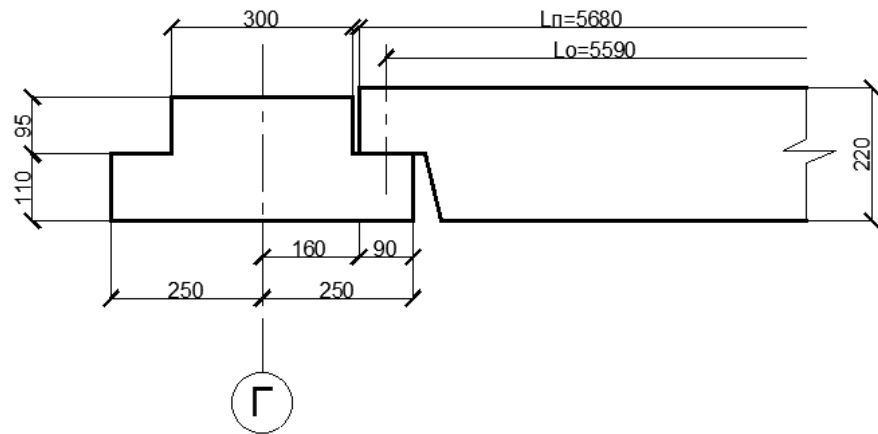


Рисунок 2.1.1.1. Схема опирания панели на полку ригеля

Номинальная ширина панели –  $b_{\text{пн}} = 1500$  мм;

Конструктивная длина панели –  $\ell_{\text{п}} = \ell_2 - 320$  мм =  $6000 - 320 = 5680$  мм;

Площадка опирания –  $b_{\text{оп}} = 100 - 10 = 90$  мм;

Расчетный пролет панели –  $\ell_o = \ell_{\text{п}} - b_{\text{оп}} = 5680 - 90 = 5590$  мм;

Длина панели –  $\ell_{\text{пан}} = \ell_o - 10$  мм =  $5590 - 10 = 5580$  мм;

Толщина панели –  $h_{\text{пан}} = 220$  мм;

Конструктивная ширина панели –  $b_{\text{пк}} = b_{\text{пн}} - 10$  мм =  $1500 - 10 = 1490$  мм;

Ширина полки –  $b_f = b_{\text{пк}} - 2 \cdot 15 = 1490 - 30 = 160$  мм;

Диаметр отверстия –  $d_{\text{от}} = 159$  мм.

Остальные размеры принимаем в соответствии с рис. 2.1.1.2.

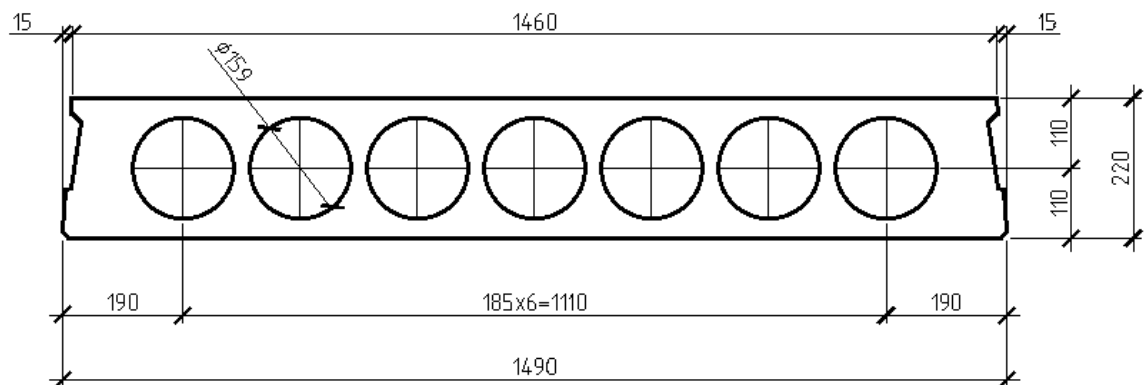


Рисунок 2.1.1.2. Размеры поперечного сечения панели

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

42

## 2.1.2 Сбор нагрузок

Внешние нагрузки, действующие на многопустотную плиту перекрытия, задаются в соответствии с требованиями СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [8]. Нагрузка от собственного веса панели принимается равномерно распределенной по всей её площади. Полная нормативная нагрузка складывается из постоянной (собственная масса панели, масса конструкции пола и масса кирпичных перегородок) и временной (полезной) нагрузок.

Нормативная нагрузка от собственной массы панели определяется по формуле:

$$g_n^{пан} = \frac{V \cdot \rho}{b_{nn} \cdot l_n} \text{ (Н/м}^2\text{)}, \text{ где} \quad (2.1.2.1)$$

$V$  – объем бетона панели, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – объемная масса железобетона, равная 25000 Н/м<sup>3</sup>;

$b_{nn}, l_n$  – соответственно, номинальная ширина панели и ее конструктивная длина, м.

Таким образом, получаем:

$$g_n^{пан} = \frac{\rho * V}{b_{nn} * l_n} = \frac{25000 * 1,073}{1,5 * 5,68} = 3148,5 \text{ Н / м};$$

$$V = h_n * b_{нк} * l_n - 7 * l_n * \pi * d^2 * 0,25 = \\ = 0,22 * 1,49 * 5,68 - 7 * 5,68 * 3,14 * 0,159^2 * 0,25 = 1,073 \text{ м}^3;$$

Нормативная нагрузка от собственной массы конструкций пола принимается в соответствии с таблицей 2.1.2.1:  $g_n^{пол} = 817 \text{ (Н/м}^2\text{)}$ .

Состав конструкции пола на пустотной плите перекрытия представлен на рисунке 2.1.2.1.



Рисунок 2.1.2.1. Конструкция покрытия

Таблица 2.1.2.1

Нагрузка от конструкции покрытия

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
Экструдированный пенополистерол	10	1,3	13
Цементно-песчаная стяжка	720	1,3	936
Прослойка из клеящей мастики	12	1,3	15,6
Линолеум	75	1,3	97,5
Всего:	817		1062,1

Нормативная нагрузка от собственной массы перегородок принимается в соответствии с п. 8.2.2 СП [8]:

$$g_n^{nep} = 1500 \text{ (Н/м}^2\text{)};$$

Полная нормативная нагрузка на панель равна:

$$g_n = g_n^{nan} + g_n^{пол} + g_n^{nep} + p_n = 3148,5 + 817 + 1500 + 1500 = 6965,5 \text{ Н/м}^2;$$



Для расчета панели на трещиностойкость и по деформациям определяется величина нормативной длительно–действующей нагрузки:

$$g_{n,l} = g_n - p_{n,sh} = 6965,5 - 525 = 6440,5 \text{ Н/м}^2, \text{ где}$$

$p_{n,sh}$  – кратковременно–действующая часть полной временной нагрузки, равная  $525 \text{ Н/м}^2$

Для расчета панели на прочность определяется полная расчетная нагрузка

$$g = g_n^{nan} * \gamma_{f1} + g_n^{nol} * \gamma_{f2} + g_n^{nep} * \gamma_{f3} + p_n * \gamma_{f2}, \text{ где} \quad (2.1.2.2)$$

$\gamma_{f1} = 1,1$ ;  $\gamma_{f2} = 1,3$ ;  $\gamma_{f3} = 1,2$  – коэффициенты надежности по нагрузке, принимаемые по СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» [9].

Таким образом, полная расчетная нагрузка равна:

$$g = 3148,5 \cdot 1,1 + 817 \cdot 1,3 + 1500 \cdot 1,2 + 1500 \cdot 1,3 = 8275,45 \text{ Н/м}^2$$

Таблица 2.1.2.2

Нагрузки на перекрытие

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности	Расчетная нагрузка, Н/м <sup>2</sup>
Постоянная нагрузка			
Собственный вес плиты	3148,5	1,1	3463,35
Вес конструкций пола	817	1,3	1062,1
Вес кирпичных перегородок	1500	1,2	1800
Всего:	5465,5		6325,45
Временная нагрузка			
Полная временная нагрузка	1500	1,3	1950
– длительная	975	1,3	1267,5
– кратковременная	525	1,3	682,5

Полная нагрузка			
Полная нагрузка:	6965,5		8275,45
– длительная	6440,5		
– кратковременная	525		

Подсчет нагрузок на 1 погонный метр длины панели при ее номинальной ширине  $b_{\text{пн}} = 1500$  мм:

- Полная расчетная нагрузка:

$$q = g * b_{\text{пн}} = 8275,45 * 1,5 = 12413,175 \text{ Н/пог.м};$$

- Нормативная нагрузка:

$$q_n = g_n * b_{\text{пн}} = 6965,5 * 1,5 = 10448,25 \text{ Н/пог.м};$$

- Нормативна длительно–действующая нагрузка:

$$q_{n,l} = g_{n,l} * b_{\text{пн}} = 6440,5 * 1,5 = 9660,75 \text{ Н/пог.м};$$

### 2.1.3 Компоновка сборного перекрытия

Раскладка панелей подразумевает минимальное количество типоразмеров плит. На рис. 2.1.3.1 представлен фрагмент раскладки плит перекрытия этажа с рассчитываемой плитой П-1.

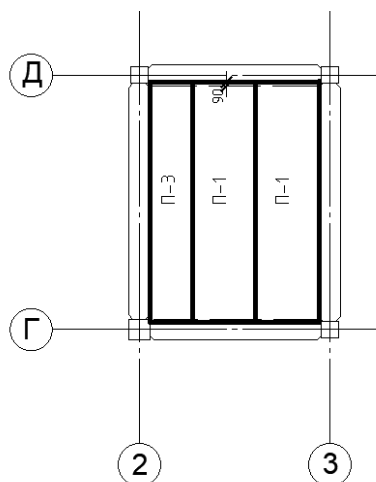


Рис. 2.1.3.1. Схема сборного железобетонного перекрытия

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

## 2.1.4 Установление расчетной схемы панели и расчет внутренних усилий

При расчете в стадии эксплуатации панель рассматривается как изгибаемый элемент в виде свободно опертой однопролетной балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Балка шарнирно опирается на опоры (сборные ригели). Расчетный пролет панели принимается равным расстоянию между осями ее опор ( $l_0 = 5,59$  м). Расчетная схема панели показана на рис. 2.1.4.1.

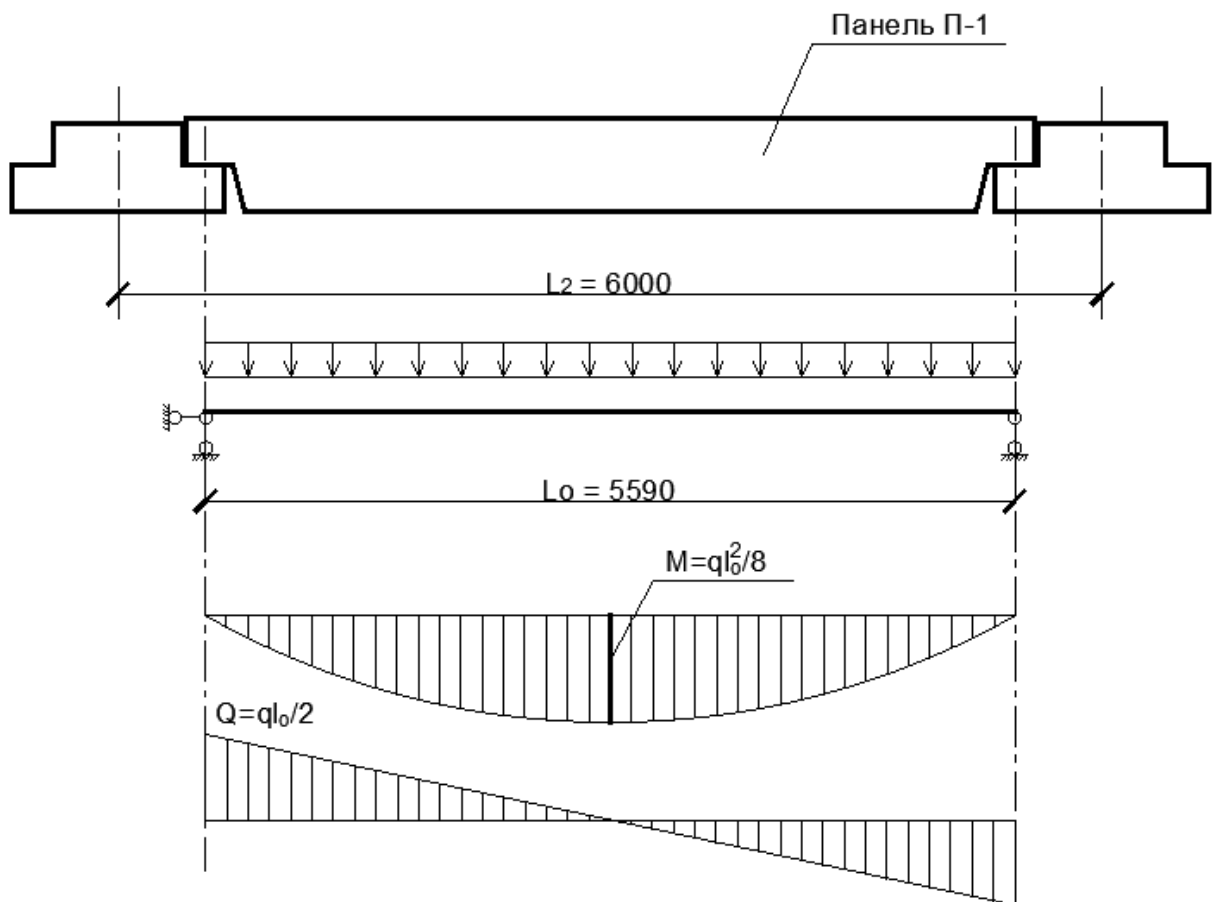


Рисунок 2.1.4.1. Расчетная схема панели перекрытия.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

47

Подсчет расчетных усилий выполняется как для однопролетной свободно опертой балки:

– от расчетной нагрузки

$$M = \frac{q\ell_0^2}{8} = \frac{12,4 \cdot 5,59^2}{8} = 48,4 \text{ кН*м};$$

$$Q = \frac{q\ell_0}{2} = \frac{12,4 \cdot 5,59}{2} = 34,6 \text{ кН};$$

– от полной нормативной нагрузки

$$M_n = \frac{q_n \ell_0^2}{8} = \frac{10,4 \cdot 5,59^2}{8} = 40,6 \text{ кН*м};$$

– от нормативной длительно–действующей нагрузки

$$M_{n,\ell} = \frac{q_{n,\ell} \ell_0^2}{8} = \frac{9,7 \cdot 5,59^2}{8} = 37,8 \text{ кН*м};$$

### 2.1.5 Характеристики панели, бетона и арматуры

Панель изготавливается преднапряженной с напрягаемой арматурой класса А800. Предварительное натяжение арматуры предусмотрено осуществлять механическим способом. Изделие подвергается тепловой обработке при атмосферном давлении. Панель эксплуатируется при относительной влажности окружающей среды  $40 \leq W\% \leq 75$ .

Основные прочностные характеристики бетона и арматуры приведены ниже согласно СП [9].

Бетон класса В25:

$$R_{b,n} = R_{b,ser} = 18,5 \text{ МПа (п. 6.1.10);}$$

$$R_b = 14,5 \text{ МПа (п. 6.1.11);}$$

$$R_{bt,n} = R_{bt,ser} = 1,55 \text{ МПа (п. 6.1.10);}$$

$$R_{bt} = 1,05 \text{ МПа (п. 6.1.11);}$$

$$E_b = 30,0 \times 10^3 \text{ МПа (п. 6.1.15).}$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

48

Продольная напрягаемая арматура класса А800:

$$R_{s,ser} = R_{sn} = 800 \text{ МПа (п. 6.2.7);}$$

$$R_s = 695 \text{ МПа (п. 6.2.8);}$$

$$E_s = 2,0 \times 10^5 \text{ МПа (п. 6.2.12).}$$

Поперечная арматура класса А400 диаметром 8 мм:

$$R_s = 350 \text{ МПа (п. 6.2.8);}$$

$$R_{sw} = 280 \text{ МПа (п. 6.2.9);}$$

$$E_s = 2,0 \times 10^5 \text{ МПа (п. 6.2.12).}$$

Учитывая, что плиты работают в основном на воздействие постоянных и длительно-действующих нагрузок, прочностные характеристики бетона умножаются на коэффициент условий работы  $\gamma_{b,1} = 0,9$  (п. 6.1.12) [9].

С учетом данного коэффициента характеристики бетона равна:

$$R_{b,n} = R_{b,ser} = 0,9 \cdot 18,5 = 16,65 \text{ МПа;}$$

$$R_b = 0,9 \cdot 14,5 = 13,05 \text{ МПа;}$$

$$R_{bt,n} = R_{bt,ser} = 0,9 \cdot 1,55 = 1,39 \text{ МПа;}$$

$$R_{bt} = 0,9 \cdot 1,05 = 0,945 \text{ МПа.}$$

2.1.6 Исходное предварительное напряжение в напрягаемой арматуре

Согласно нормам проектирования предварительное напряжение арматуры  $\sigma_{sp,0}$  принимают для горячекатаной арматуры не более  $0,9R_{s,n}$  (п. 2.2.3.1) [10].

$\sigma_{sp,0}$  – исходная величина предварительного напряжения.

Принимаем  $\sigma_{sp,0} = 0,9 \cdot R_{s,n} = 0,9 \cdot 800 = 720 \text{ МПа;}$

При расчете предварительно напряженных элементов по прочности следует учитывать возможные отклонения предварительного напряжения (или усилия обжатия Р) путем умножения на коэффициент  $\gamma_{sp}$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

49

Значения коэффициента  $\gamma_{sp}$  принимают равными (п. 3.1.1.6) [10]:

- 0,9 – при благоприятном влиянии предварительного напряжения;
- 1,1 – при неблагоприятном влиянии предварительного напряжения.

### 2.1.7 Расчет прочности панели по сечению нормальному продольной оси

Для расчета арматуры фактическое поперечное сечение панели приводится к эквивалентному двутавровому сечению (рис. 2.1.7.1).

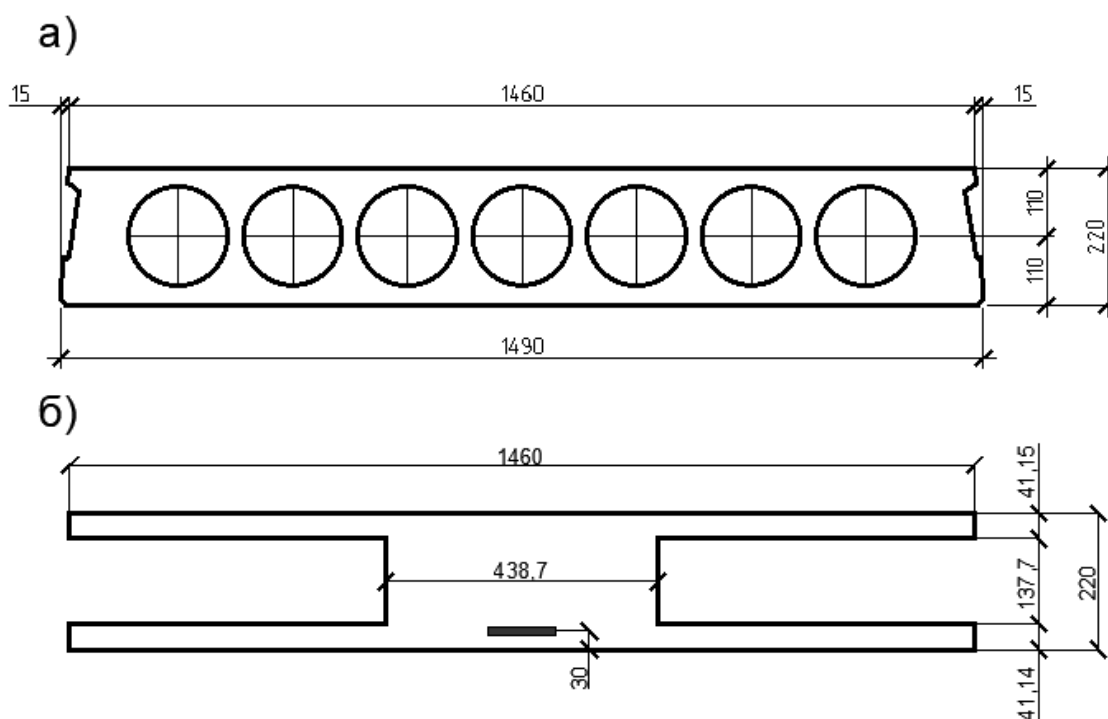


Рисунок 2.1.7.1. Поперечное сечение панели:

а) фактическое; б) приведенное двутавровое

Расчетный изгибающий момент  $M = 48,4$  кН\*м.

Расстояние от центра тяжести поперечного сечения предварительно напряженной арматуры  $A_s$  до нижней грани сечения  $a_s$  принимается приблизительно, исходя из опыта проектирования, а после подбора арматуры, проверяется снова, с учетом диаметра подобранной арматуры  $d_s$ .

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

50

Величина  $a_s$  должна удовлетворять условию:

$$a_s \geq a_{\text{защ.сл.}} + d_s/2, \text{ где} \quad (2.1.7.1.)$$

$d_s$  – диаметр предварительно напряженной арматуры;

$a_{\text{защ.сл.}}$  – толщина защитного слоя бетона, принимаемая в соответствии с п.

8.3.2 СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения» [11] ( $a_{\text{защ.сл.}} \geq 20$  мм).

Принято:  $a_s = 2 + 2/2 = 3$  см.

Полезная высота сечения  $h_0 = h_{\text{нан}} - 3 \text{ см} = 22 - 3 = 19$  см.

Ширина верхней полки  $b'_f = 146$  см.

Расчет двутаврового сечения начинают с определения границы сжатой зоны бетона (положение нейтральной оси, рис. 2.1.7.2).

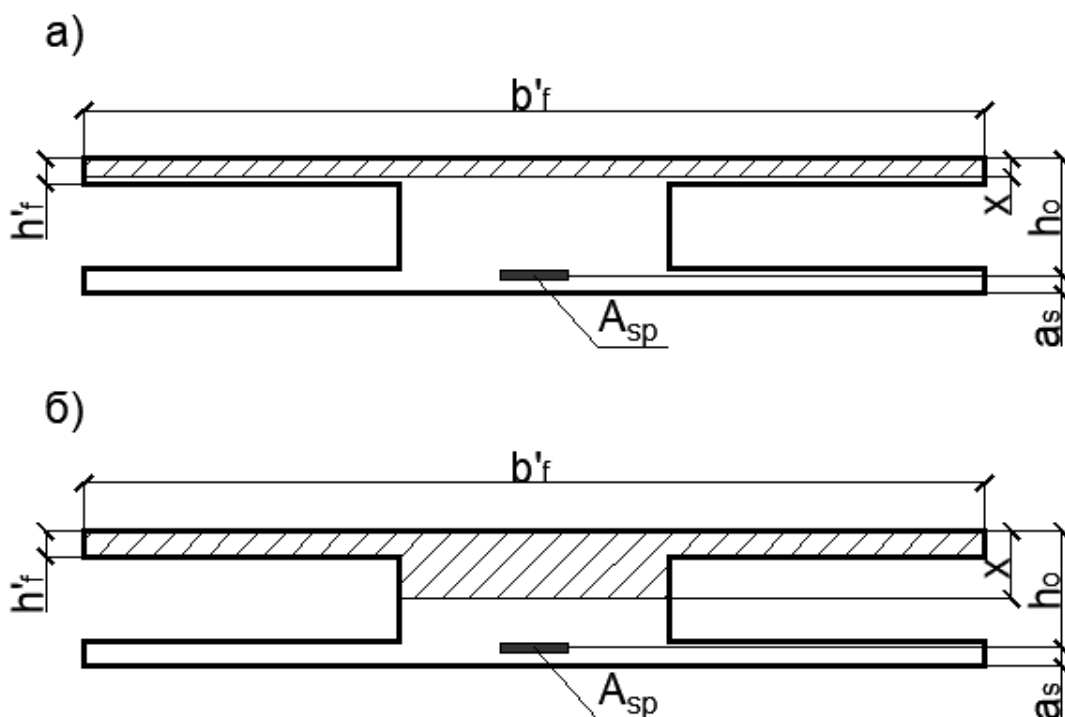


Рисунок 2.1.7.2. Два случая расположения нейтральной оси в тавровом сечении:

а) в полке ( $x < h'_f$ ); б) в ребре ( $x > h'_f$ )

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

51

Момент, воспринимаемый полкой (в предположении, что  $x=h'_f$ ) равен

$$M_{пол} = R_b b'_f h'_f (h_0 - h'_f / 2) \quad (2.1.7.2)$$

В случае, если расчетный момент в панели меньше момента, воспринимаемого полкой, граница сжатой зоны проходит в пределах полки сечения.

$$M_{пол} = 13,05 \cdot 146 \cdot 4,115 \cdot \left( 19 - \frac{4,115}{2} \right) = 132834 \text{ МПа} \cdot \text{см}^3 = 132,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$M_{пол} = 132,8 \text{ кН} \cdot \text{м} > M = 48,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$ , следовательно, граница сжатой зоны проходит в полке.

Высота сжатой зоны определяется по формуле

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b_f}} = 19 - \sqrt{19^2 - \frac{2 \times 48434}{13,05 \cdot 146}} = 1,4 \text{ см.}$$

$$x = 1,4 \text{ см} < h'_f = 4,115 \text{ см.}$$

После определения высоты сжатой зоны  $x$  проверяем условие  $\xi \leq \xi_R$ , в котором  $\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1,4}{19} = 0,0737$ , а величина  $\xi_R$  определяется по формуле (2.1.7.3) СП [10].

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}}, \text{ где} \quad (2.1.7.3)$$

$\varepsilon_{b2}$  – предельная относительная деформация сжатого бетона, принимаемая равной 0,0035;

$\varepsilon_{s,el}$  – относительная деформация в арматуре растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой, при достижении в этой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s + 400 - \sigma_{sp}}{E_s}, \text{ где} \quad (2.1.7.4)$$

$\sigma_{sp}$  – принимается с учетом всех потерь при коэффициенте  $\gamma_{sp}=0,9$ ;

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

52



Поскольку, на данном этапе расчета величина полных потерь предварительного напряжения арматуры неизвестна, принимаем ориентировочно  $\Delta\sigma_{sp} = 0,3 * \sigma_{sp,0} = 0,3 * 720 = 216 \text{ МПа}$ ,

$$\text{тогда } \varepsilon_{s,el} = \frac{695 + 400 - 0,9 * (720 - 216)}{2 * 10^5} = 0,0032,$$

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{0,0032}{0,0035}} = 0,42.$$

$$\xi = 0,0737 \leq \xi_R = 0,42$$

Условие, обеспечивающее первый случай разрушения (разрыв растянутой арматуры)  $\xi \leq \xi_R$ , выполняется.

Определяем требуемую площадь поперечного сечения напрягаемой арматуры исходя из условия  $N_s = N_b (A_s R_s = A_b R_b)$

$$A_{sp}^{mp} = \frac{R_b b_f' x}{\gamma_{s3} R_s}, \text{ где} \quad (2.1.7.5.)$$

$$\gamma_{s3} = 1,25 - 0,25 \frac{\xi}{\xi_R} \leq 1,1 \text{ (формула 3.2. [12]);}$$

$$\gamma_{s3} = 1,25 - 0,25 \frac{0,0737}{0,45} = 1,2, \text{ принимаем } \gamma_{s3} = 1,1.$$

$$A_{sp}^{треб} = \frac{13,05 \cdot 146 \cdot 1,4}{1,1 \cdot 695} = 3,49 \text{ см}^2.$$

Для предварительно напряженных элементов принимается стержневая арматура периодического профиля диаметром 6 ... 40 мм (п. 2.2.1.1 [10]).

По сортаменту принимаем  $5\varnothing 12 \text{ A800}$  с  $A_s^{факт} = 5,65 \text{ см}^2$ .

## 2.1.8 Определение геометрических характеристик приведенного сечения

Расчет ведем в соответствии с п. 4.2.2.5 СП [10].

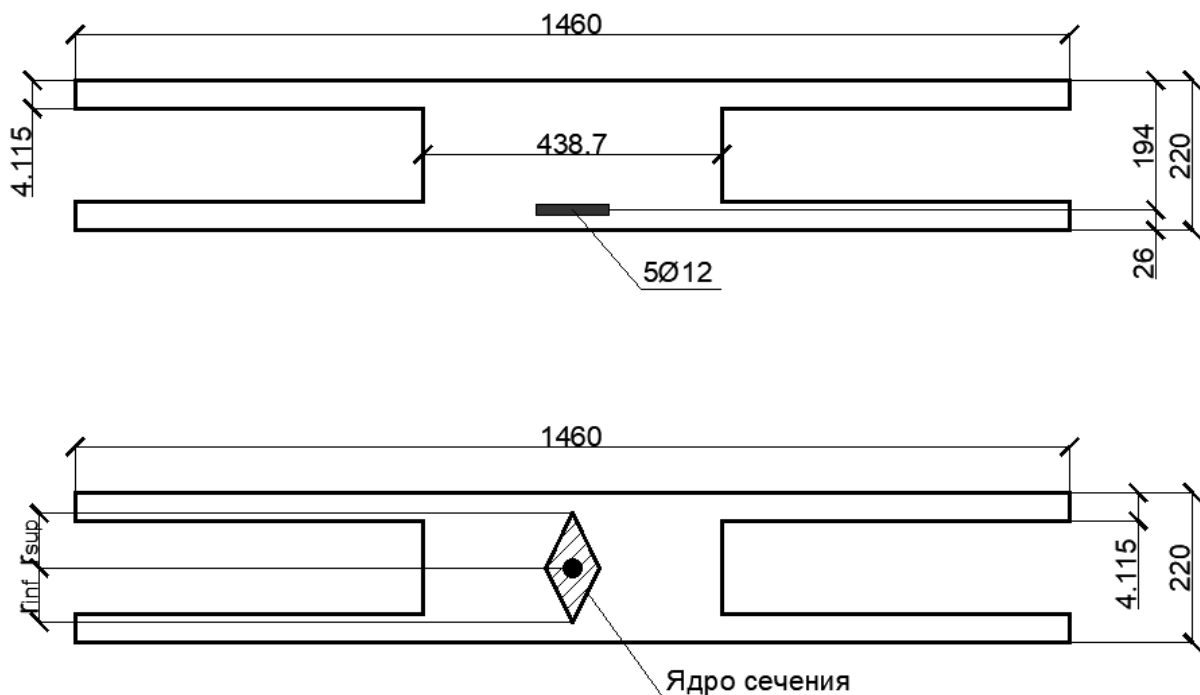


Рисунок 2.1.8.1. Геометрические характеристики приведенного сечения

Уточняем полезную высоту сечения  $h_0$ :

$$a = a_{\text{защ.слоя}} + \frac{d_{sp}}{2}$$

$$a = 20 + \frac{12}{2} = 26 \text{ мм} = 2,6 \text{ см}$$

$$h_0 = 22 - 2,6 = 19,4 \text{ см}$$

Коэффициент приведения арматуры к бетону определяется по формуле

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b}, \text{ где} \quad (2.1.8.1)$$

$E_s$  – модуль упругости стали, равный  $2 \cdot 10^5$  МПа (п. 6.2.12) [9];

$E_b$  – модуль упругости бетона, равный  $30 \cdot 10^3$  МПа (п. 6.1.15) [9].

Таким образом, получаем:

$$\alpha = \frac{2 \cdot 10^5}{30 \cdot 10^3} = 6,67$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

54

Площадь приведенного поперечного сечения панели определяется по формуле:

$$A_{red} = A_b + \alpha * A_{sp}, \text{ где} \quad (2.1.8.2)$$

$A_b$  – площадь поперечного сечения бетона,  $\text{см}^2$ ;

$A_{sp}$  – площадь поперечного сечения арматуры,  $\text{см}^2$ ;

$\alpha$  - коэффициент приведения арматуры к бетону.

Таким образом, получаем:

$$A_{red} = (146 * 4,115 * 2 + 43,87 * 13,77) + 6,67 * 5,65 = 1843,3 \text{ см}^2.$$

Статический момент площади приведенного поперечного сечения панели относительно оси, проходящей по нижней грани приведенного сечения определяется по формуле:

$$S_{red} = S_b + \alpha * S_s, \text{ где} \quad (2.1.8.3)$$

$S_b$  – статический момент поперечного сечения бетона,  $\text{см}^3$ ;

$S_s$  – статический момент поперечного сечения арматуры,  $\text{см}^3$ .

Таким образом, получаем:

$$S_{red} = 4,115 * 146 * 0,5 * 4,115 + 4,115 * 146 * (0,5 * 4,115 + 4,115 + 13,77) + 13,77 * 43,87 * (0,5 * 13,77 + 4,115) + 6,67 * 2,6 * 5,65 = 19960,35 \text{ см}^3.$$

Расстояние от центра тяжести сечения до нижней грани сечения определяется по формуле:

$$y_t = \frac{S_{red}}{A_{red}} \quad (2.1.8.4)$$

Таким образом, получаем:

$$y_t = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{19960,35}{1843,3} = 10,8 \text{ см.}$$

Расстояние от центра тяжести сечения до верхней грани сечения определяется по формуле:

$$y'_t = h_{пан} - y_t \quad (2.1.8.5)$$

Таким образом, получаем:

$$y'_t = 22 - 10,8 = 11,2 \text{ см.}$$

Момент инерции приведенного сечения относительно оси проходящей через центр тяжести сечения определяется по формуле:

$$J_{red} = J_b + \alpha * J_s, \text{ где} \quad (2.1.8.6)$$

$J_b$  – момент инерции бетона,  $\text{см}^4$ ;

$J_s$  – момент инерции стали,  $\text{см}^4$ .

Таким образом, получаем:

$$J_{red} = \frac{2 * 146 * 4,115^3}{12} + 4,115 * 146 * (10,8 - 0,5 * 4,115)^2 + 4,115 * 146 * (11,2 - 0,5 * 4,115)^2 + \frac{43,87 * 13,77^3}{12} + 43,87 * 13,77 * (0,5 * 22 - 10,8)^2 + 6,67 * 5,65 * (10,8 - 2,6)^2 = 109935,33 \text{ см}^4.$$

Моменты сопротивления приведенного сечения определяются по формулам:

– относительно нижнего края

$$W_{red} = \frac{J_{red}}{y_t} \quad (2.1.8.7)$$

– относительно верхнего края

$$W'_{red} = \frac{J_{red}}{y'_t} \quad (2.1.8.8)$$

Таким образом, получаем:

$$W_{red} = \frac{109935,33}{10,8} = 10179,19 \text{ см}^3;$$

$$W'_{red} = \frac{109935,33}{11,2} = 9815,65 \text{ см}^3.$$

Упруго– пластический момент сопротивления определяется по формуле:

$$W_{pl} = \gamma * W_{red}, \text{ где} \quad (2.1.8.9)$$

$\gamma = 1,25$  - коэффициент, определяемый согласно таблице 4.1 [4];

$$W_{pl} = 1,25 * 10179,19 = 12723,98 \text{ см}^3.$$

Расстояние до верхней ( $r_{sup}$ ) и нижней ( $r_{inf}$ ) ядровых точек от центра тяжести приведенного сечения определяется по формуле:

– до верхней ядровой точки

$$r_{sup} = \varphi \frac{W_{red}}{A_{red}} \quad (2.1.8.10)$$

– до нижней ядровой точки

$$r_{inf} = \varphi \frac{W'_{red}}{A_{red}}, \text{ где} \quad (2.1.8.11)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}}, \quad (0,7 \leq \varphi \leq 1) \quad (2.1.8.12)$$

Принимаем ориентировочно  $\frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} = 0,75$ , тогда:

$$\varphi = 1,6 - 0,75 = 0,85$$

$$r_{sup} = 0,85 \cdot \frac{10179,19}{1843,3} = 4,69 \text{ см,}$$

$$r_{inf} = 0,85 \cdot \frac{9815,65}{1843,3} = 4,53 \text{ см.}$$

### 2.1.9 Вычисление потерь предварительного напряжения арматуры

Потери предварительного напряжения арматуры вычисляют в соответствии с п. 2.2.3.2. [10].

При механическом способе натяжения учитывают следующие потери:

Первая группа потерь:

1. От релаксации напряжений арматуры

$$\Delta\sigma_{s1} = 0,1 \cdot \sigma_{sp} - 2,0 \quad (2.1.9.1)$$

$$\Delta\sigma_{s1} = 0,1 \cdot 720 - 2,0 = 70 \text{ МПа}$$

2. От температурного перепада  $\Delta t=65^{\circ}\text{C}$

$$\Delta\sigma_{s2} = 1,25 \cdot \Delta t \quad (2.1.9.2)$$

$$\Delta\sigma_{s2} = 1,25 \cdot 65 = 81,25 \text{ МПа}$$

3. От деформаций стальной формы

$$\Delta\sigma_{s3} = \frac{n-1}{2n} \frac{\Delta\ell}{\ell} E_s \quad (2.1.9.3)$$

При отсутствии данных о конструкции формы и технологии изготовления допускается принимать  $\Delta\sigma_{s3} = 30 \text{ МПа}$ .

4. Потери от деформации анкеров

$$\Delta\sigma_{s4} = \frac{\Delta\ell}{\ell} E_s \quad (2.1.9.4)$$

При отсутствии данных допускается принимать  $\Delta\ell = 2 \text{ мм}$ .

$$\ell = \ell_n + 500 = 5680 + 500 = 6180 \text{ мм [13]}$$

$$\Delta\sigma_{s4} = \frac{0,2}{618} * 2 * 10^5 = 64,73 \text{ МПа}$$

Полные потери первой группы равны

$$\Delta\sigma_{sp(1)} = \Delta\sigma_{s1} + \Delta\sigma_{s2} + \Delta\sigma_{s3} + \Delta\sigma_{s4} = 70 + 81,25 + 30 + 64,73 = 245,98 \text{ МПа.}$$

Вторая группа потерь:

1. Потери от усадки бетона

$$\Delta\sigma_{sp,5} = \varepsilon_{b,sh} \cdot E_s, \text{ где} \quad (2.1.9.5)$$

$\varepsilon_{b,sh} = 0,0002$  – деформации бетона (п. 2.2.3.7. [10]), для бетона В25)

$$\Delta\sigma_{sp,5} = 0,0002 \cdot 200\,000 = 40 \text{ МПа.}$$

2. Потери от ползучести бетона

$$\Delta\sigma_{sp6} = \frac{0,8\alpha\varphi_{b,cr}\sigma_{bp}}{1 + \alpha \cdot \mu_{sp} \left( 1 + \frac{e_{op}^2 A_{red}}{J_{red}} \right) (1 + 0,8\varphi_{b,cr})}, \text{ где} \quad (2.1.9.6)$$

$\alpha$  – коэффициент приведения арматуры к бетону,  $\alpha = 6,67$ ;

$\varphi_{b,cr}$  – коэффициент ползучести бетона;

Согласно п 2.1.2.7 СП [10] значение коэффициента ползучести бетона определяют в зависимости от условий окружающей среды и класса бетона. При классе бетона В25 и  $\varphi_{int} = 55\%$ , коэффициент  $\varphi_{b,cr} = 2,5$ ;

Напряжения в бетоне на уровне центра тяжести напрягаемой арматуры определяется по формуле (п. 2.2.3.10 СП [10]):

$$\sigma_{bp} = \frac{P_{(1)}}{A_{red}} + \frac{(P_{(1)} * e_{op} - M_{cs}) * e_{op}}{J_{red}}, \text{ где} \quad (2.1.9.7)$$

$P_{(1)}$  – усилие предварительного обжатия с учетом первых потерь, определяемого по формуле;

$$P_{(1)} = (\sigma_{sp,0} - \sigma_{sp(1)}) * A_{sp} \quad (2.1.9.8)$$

$$P_{(1)} = (720 - 245,98) * 5,65 = 2678,213 \text{ МПа} * \text{см}^2$$

$A_{red}$  – площадь приведенного сечения панели,  $A_{red} = 1843,3 \text{ см}^2$ ;

$J_{red}$  – момент инерции приведенного сечения панели,  $J_{red} = 109935,33 \text{ см}^4$ ;

$e_{op}$  – эксцентриситет усилия  $P_{(1)}$  относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения панели, определяемого по формуле

$$e_{op} = y_t - a \quad (2.1.9.9)$$

$$e_{op} = 10,8 - 2,6 = 8,2 \text{ см};$$

$M_{cs}$  – изгибающий момент от внешней нагрузки, действующий в стадии обжатия (собственный вес плиты), определяемый по формуле

$$M_{cs} = \frac{g_n^{nan} * b_{nn} * l_0^2}{8} \quad (2.1.9.10)$$

$$M_{cs} = \frac{3148,5 * 1,5 * 5,59^2}{8} = 18447,12 \text{ Н} * \text{м};$$

$$\sigma_{bp} = \frac{267821}{1843,3} + \frac{(267821 * 8,2 - 1844712) * 8,2}{19935,33} = 289,84 \text{ Н/см}^2 = 2,8984 \text{ МПа} > 0$$

$\sigma_{bp} > 0$ , следовательно, бетон на уровне центра тяжести напрягаемой арматуры сжат.

$\mu_{sp}$  – коэффициент армирования, определяемый по формуле

$$\mu_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_{red}} \quad (2.1.9.11)$$

$$\mu_{sp} = \frac{5,65}{1843,3} = 0,003065$$

Таким образом, получаем:

$$\Delta\sigma_{sp6} = \frac{0,8 * 6,67 * 2,5 * 2,8984}{1 + 6,67 * 0,003065 * \left(1 + \frac{8,2^2 * 1843,3}{109935,33}\right) * (1 + 0,8 * 2,5)} = 34,2 \text{ МПа.}$$

Полное значение потерь первой и второй групп:

$$\Delta\sigma_{sp(2)} = \Delta\sigma_{sp(1)} + \Delta\sigma_{sp5} + \Delta\sigma_{sp6} = 245,98 + 40 + 34,2 = 320,18 \text{ МПа.}$$

#### 2.1.10 Проверка прочности панели по нормальному сечению

Расчет предварительно напряженных элементов на действие изгибающих моментов в стадии эксплуатации по предельным усилиям выполняем в соответствии с п. 3.1.2. [10].

Проверяем условие  $\xi \leq \xi_R$

Значение граничной относительной высоты сжатой зоны бетона определяем по формуле

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}}, \text{ где} \quad (2.1.10.1)$$

$\varepsilon_{b2}$  – относительная деформация сжатого бетона, равная 0,0035;

$\varepsilon_{s,el}$  – относительная деформация арматуры растянутой зоны, определяемая по формуле

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s + 400 - \sigma_{sp}}{E_s}, \text{ где} \quad (2.1.10.2)$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



$\sigma_{sp}$  – предварительное напряжение в арматуре с учетом всех потерь и  $\gamma_{sp} = 0,9$ , определяется по формуле

$$\sigma_{sp} = \gamma_{sp} \cdot \sigma_{sp,0} - \Delta\sigma_{sp(2)} \quad (2.1.10.3)$$

$$\sigma_{sp} = 0,9 \cdot (720 - 320,18) = 359,84 \text{ МПа}$$

Таким образом, получаем:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{695 + 400 - 359,84}{200\,000} = 0,00367$$

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{0,00367}{0,0035}} = 0,39$$

Относительную высоту сжатой зоны бетона определяем по формуле

$$\xi = \frac{x}{h_0}, \text{ где} \quad (2.1.10.4)$$

$h_0$  – рабочая высота сечения, равная 19,4 см;

$x$  – высота сжатой зоны бетона, определяемая по формуле

$$x = \frac{A_s \cdot \gamma_{s3} \cdot R_s}{b_f' R_b} \quad (2.1.10.5)$$

$\gamma_{s3}$  - коэффициент, условия работы арматуры, равный 1,1;

$R_s$  – расчетное сопротивление арматуры, Мпа;

$A_{sp}$  – площадь поперечного сечения напрягаемой арматуры, см<sup>2</sup>;

$R_b$  – расчетное сопротивление бетона сжатию, Мпа;

$b_f$  – ширина полки двутаврового сечения, см;

$b_t$  – ширина ребра двутаврового сечения, см;

$h_f$  – высота полки двутаврового сечения, см.

Таким образом, получаем:

$$x = \frac{5,65 \cdot 1,1 \cdot 695}{146 \cdot 13,05} = 2,3 \text{ см.}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{2,3}{19,4} = 0,118$$

$\xi = 0,118 \leq \xi_R = 0,39$  - условие выполняется, следовательно, сечение не переармировано. Прочностные свойства арматуры использованы максимально.

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов производится согласно п. 3.1.2.5 СП [10]. Проверяем условие:

$$M \leq M_{ult}, \text{ где} \quad (2.1.10.6)$$

$M$  – изгибающий момент от внешней нагрузки, равный 48,4 кН\*м;

$M_{ult}$  – предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента, определяемый по формуле:

$$M_{ult} = R_b b' x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (2.1.10.7)$$

$$M_{ult} = 13,05 \cdot 146 \cdot 2,3 \cdot (19,4 - 2,3/2) = 79974 \text{ МПа} \cdot \text{см}^3$$

$$M = 48,4 \text{ кНм} < M_{ult} = 79,97 \text{ кНм} - \text{условие выполняется}$$

Таким образом, прочность панели по сечению, нормальному к продольной оси панели, на действие изгибающего момента обеспечена.

## 2.1.11 Расчет прочности сечений наклонных к продольной оси панели

### 2.1.11.1 Расчет на действие поперечной силы по наклонной полосе

Согласно п. 3.1.5.2. [10] расчет предварительно напряженных конструкций по бетонной полосе между наклонными сечениями производят из условия (64):

$$Q \leq \phi_{b1} \cdot R_b b h_0, \text{ где} \quad (2.1.11.1.1)$$

$Q$  – поперечная сила в нормальном сечении элемента ( $Q=36,4$  кН);

$\phi_{b1}$  – коэффициент, принимаемый равным 0,3;

$R_b$  – расчетное значение сопротивления бетона на осевой сжатие (призменная прочность), принимаемая равной 13,05 МПа;

					08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

$b$  – ширина ребра двутаврового приведенного сечения, равная 438,7 мм;

$h_0$  – рабочая высота сечения конструкции, равная 19,4 см.

Таким образом, получаем:

$Q = 36400 \text{ Н} < 0,3 \cdot 13,05 \cdot 19,4 \cdot 43,87 = 3331,97 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 = 333197 \text{ Н}$  - условие выполняется, прочность наклонного сечения на действие поперечной силы по бетонной полосе между наклонными трещинами обеспечена.

#### 2.1.11.2 Расчет панели по наклонным сечениям на действие поперечных сил

Расчет изгибаемых элементов, по наклонному сечению производят согласно п. 3.1.5.3. [10].

$$Q \leq Q_b + Q_{sw}, \text{ где} \quad (2.1.11.2.1)$$

$Q$  – поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции  $C$  на продольную ось элемента, определяемая от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения;

$Q_b$  – поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

$Q_{sw}$  – поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении.

Поперечную силу  $Q_b$  определяют по формуле

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{C}, \quad (2.1.11.2.2)$$

Однако допускается принимать минимальное значение поперечной силы, воспринимаемой бетоном

$$Q_{b,\min} = 0,5 R_{bt} b h_0 = 0,5 \cdot 19,4 \cdot 43,87 \cdot 0,945 = 402,13 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 = 40,213 \text{ кН}$$

Принимаем  $Q_b = 40,213 \text{ кН}$

Так как  $Q_{b,\min} = 40,213 \text{ кН} > Q = 36,4 \text{ кН}$  делаем вывод, что поперечное армирование не требуется.

Согласно п. 8.3.11 [11] при равномерно распределенной нагрузке на балку (плиту) на ее приопорных участках, шаг хомутов должен назначаться исходя из конструктивных требований:  $h_0/2 = 194/2 \approx 100$  мм и не более 300 мм.

На остальной части балки поперечную арматуру следует устанавливать с шагом не более  $0,75h_0 = 0,75 \cdot 194 \approx 150$  мм и не более 500 мм.

Принимаем шаг поперечной арматуры на приопорных участках  $S_{w1} = 120$  мм, а на остальной части балки  $S_w = 200$  мм.

Максимальный допустимый шаг поперечной арматуры определяется по формуле (формула 3.67 [12]):

$$S_{w,\max} = \frac{R_{bt} \cdot bh_0^2}{Q} \quad (2.1.11.2.3)$$

$$S_{w,\max} = \frac{R_{bt} \cdot bh_0^2}{Q} = \frac{0,945 \cdot 43,87 \cdot 19,45^2}{364} = 42,86 \text{ см} = 428,6 \text{ мм}$$

Принятые значения шага не превышают максимально допустимого.

#### 2.1.12 Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси панели, в стадии эксплуатации

Расчет ведется в соответствии с формулой (75) [10]:

$$M > M_{cr}, \text{ где} \quad (2.1.12.1)$$

$M$  – изгибающий момент от расчетной нагрузки;

$M_{cr}$  – изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин.

$M = M_n = 40,6$  кН\*м – изгибающий момент от полной нормативной нагрузки

Согласно п. 4.2.2.4 СП [10] момент образования трещин предварительно напряженных изгибаемых элементов без учета неупругих деформаций растянутого бетона определяют по формуле:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{p\ell} + M_{rp}, \text{ где} \quad (2.1.12.2)$$

$W$  – момент сопротивления приведенного сечения для крайнего растянутого волокна;

$M_{rp}$  – момент, возникающий от усилия предварительного напряжения  $P$ , определяемый по формуле:

$$M_{rp} = P \cdot e_{rp}, \text{ где} \quad (2.1.12.3)$$

$e_{rp}$  – расстояние от точки приложения усилия предварительного обжатия  $P$  до ядровой точки, наиболее удаленной от растянутой зоны, определяемое по формуле:

$$e_{rp} = e_{op} + r_{sup}, \text{ где} \quad (2.1.12.4)$$

$e_{op}$  – расстояние от точки приложения усилия предварительного обжатия  $P$  до центра тяжести приведенного сечения;

$r$  – расстояние от центра тяжести приведенного сечения до ядровой точки

Таким образом, получаем:

$$e_{rp} = e_{op} + r_{sup} = r_{sup} + y_t - a = 4,69 + 10,8 - 2,6 = 12,89 \text{ см}$$

$P$  – усилие предварительного обжатия, определяемого по формуле:

$$P = A_s \cdot \gamma_{sp} (\sigma_{sp,0} - \Delta\sigma_{sp(2)}) \quad (2.1.12.5)$$

$$P = A_s \cdot \gamma_{sp} (\sigma_{sp,0} - \Delta\sigma_{sp(2)}) = 0,9 * 5,65 * (720 - 320,18) = 2033,085 \text{ МПа} * \text{см}^2 = 203,3 \text{ кН}$$

$$M_{rp} = P \cdot e_{rp} = 203,3 * 0,1289 = 26,205 \text{ кН} * \text{м}$$

$$R_{bt,ser} = 1,55 \text{ МПа}$$

$$W_{p\ell} = 12723,98 \text{ см}^3$$

$$R_{bt,ser} \cdot W_{p\ell} = 0,155 \cdot 8367,9 = 1297,03 \text{ кН} * \text{см} = 12,97 \text{ кНм}$$

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{p\ell} + M_{rp} = 155 * 12723,98 + 2620500 = 4592716,9 \text{ Н} * \text{см} = 45,93 \text{ кН} * \text{м} \quad M_{сгс}$$

$= 45,93 \text{ кН} * \text{м} > M = 40,6 \text{ кН} * \text{м}$ , трещины в растянутой от действия внешней нагрузки зоне не образуются.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

65

### 2.1.13 Расчет прогиба панели в стадии эксплуатации

Производим расчет прогиба в соответствии с п.4.3.2.1. [10]:

$$f \leq f_{ult}, \text{ где} \quad (2.1.13.1)$$

$f$  – прогиб элемента от действия внешней нагрузки;

$f_{ult}$  – значение предельно допустимого прогиба.

По условиям задания расчет прогиба производится при ограничении деформаций эстетическими требованиями. Поэтому в соответствии с указаниями п.4.3.1.1 [10] расчет ведем на действие нормативных значений постоянных и временных длительных нагрузок.

Определяем величину прогиба  $f$  по формуле:

$$f = \left(\frac{1}{r}\right)_{\max} \cdot S \cdot \ell_0^2 \quad (2.1.13.2)$$

$\ell_0 = 5,59$  м – расчетный пролет плиты;

$$S = \frac{5}{48};$$

Кривизна изгибаемых элементов определяется по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{\max} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2, \text{ где} \quad (2.1.13.3)$$

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$  – кривизна от непродолжительного действия кратковременных

нагрузок, определяемая по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{sh}}{E_{b1} \cdot I_{red}}, \text{ где} \quad (2.1.13.4)$$

$$M_{sh} = M_n - M_{n,l} = 40,6 - 37,8 = 2,8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$E_{b1} = 0,85 \cdot E_b = 0,85 \cdot 30 \cdot 10^3 = 25500 \text{ МПа};$$

$$I_{red} = 109935,33 \text{ см}^4.$$

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$  – кривизна от продолжительного действия постоянных и длительных

нагрузок, определяемая по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_l - P * e_{op}}{E_{b1} * I_{red}}, \text{ где} \quad (2.1.13.5)$$

$$M_l = 37.8 \text{ кН} * \text{м};$$

$$P = 203,3 \text{ кН};$$

$$e_{op} = 4.69 \text{ см};$$

$$E_{b1} = \frac{E_b}{1 + \phi_{b,cr}} = \frac{30 * 10^3}{1 + 2,5} = 8571,43 \text{ МПа};$$

$\phi_{b,cr} = 2,5$  принимаем по таблице 6.12 СП [9] в зависимости от условий окружающей среды (относительной влажности воздуха) и класса бетона;

$$I_{red} = 109935,33 \text{ см}^4.$$

Таким образом, получаем:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{sh}}{E_{b1} * I_{red}} = \frac{2800 * 10^3}{25500 * 1099353300} = 0,9 * 10^{-7} \frac{1}{\text{мм}}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_l - P * e_{op}}{E_{b1} * I_{red}} = \frac{37800 * 10^3 - 203300 * 46,9}{8571,43 * 1099353300} = 29,9 * 10^{-7} \frac{1}{\text{мм}}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{max} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 = 0,9 * 10^{-7} + 29,9 * 10^{-7} = 30,8 * 10^{-7} \frac{1}{\text{мм}}$$

Определяем величину прогиба:

$$f = \left(\frac{1}{r}\right)_{max} * S * l_0^2 = 30,8 * 10^{-7} * \frac{5}{48} * 5590^2 = 10,02 \text{ мм}$$

Согласно СП [8] (табл. Д1, Приложение Д), предельно допустимый из эстетико-психологических требований прогиб равен:

$$f_{ult} = \frac{l_0}{200} = \frac{5590}{200} = 27.95 \text{ мм}, \text{ что превышает вычисленное значение}$$

прогиба ( $f = 10.02 \text{ мм}$ ), следовательно, жесткость плиты обеспечена.

## 2.2 Расчет сборно-монолитного ригеля

### 2.2.1 Исходные данные и характеристики бетона и арматуры

- Номинальная длина ригеля - 4730 мм (оси Б/В);
- Грузовая ширина – 4500 мм;
- Класс бетона ригеля – В25;
- Предварительное напряжение арматуры осуществлено электротермическим способом;

Материал:

#### 1) Бетон тяжелый класс В25

$$R_b = 14,5 \text{ МПа (148 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{bt} = 1,05 \text{ МПа (10,7 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{b,n} = R_{b,ser} = 18,5 \text{ МПа (188 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{bt,n} = R_{bt,ser} = 1,55 \text{ МПа (15,8 кг/см}^2\text{)};$$

$$E_b = 30 * 10^3 \text{ МПа (30,6*10}^4 \text{ кг/см}^2\text{)}.$$

#### 2) Предварительно напряженная арматура класса А600

$$R_s = 520 \text{ МПа (5300 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{sc} = 450 \text{ МПа (4600 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{s,n} = R_{s,ser} = 600 \text{ МПа (6100 кг/см}^2\text{)};$$

$$E_{sp} = 2 * 10^5 \text{ МПа (2 * 10}^6 \text{ кг/см}^2\text{)}.$$

#### 3) Ненапрягаемая арматура класса А400

$$R_s = 365 \text{ МПа (3750 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{sc} = 365 \text{ МПа (3750 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{s,n} = R_{s,ser} = 400 \text{ МПа (4050 кг/см}^2\text{)};$$

$$R_{sw} = 285 \text{ МПа (2900 кг/см}^2\text{)};$$

$$E_s = 2 * 10^5 \text{ МПа (2 * 10}^6 \text{ кг/см}^2\text{)}.$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

68



## 2.2.2 Сбор нагрузок

Ригель представляет собой многопролетную неразрезную балку, свободно опирающуюся на колонны. Нагрузки, действующие на ригель, задаются в соответствии с СП [8]. Полная нормативная нагрузка складывается из постоянной (вес пола, вес панелей междуэтажного перекрытия и собственный вес ригеля) и временной нагрузок. Подсчет нагрузок ведется на 1 погонный метр ригеля.

Таблица 2.2.2.1

### Нагрузки на ригель

Вид нагрузки	$q_{пн}$ , кг/пм	$\gamma_f$	$q$ , кг/пм
Собственный вес сборной части ригеля 0,5*0,11*2500	137,5	1,1	151,25
Собственный вес монолитной части ригеля 0,256*0,145*2500	92,8	1,2	111,36
Сборные железобетонные плиты перекрытия 320 кг/м <sup>2</sup> *4,5 м	1440	1,1	1584
Собственный вес пола 110 кг/м <sup>2</sup> *4,5 м	495	1,3	643,5
Собственный вес перегородок 150 кг/м <sup>2</sup> *4,5 м	675	1,1	742,5
Временная (полезная) 150 кг/м <sup>2</sup> *4,5 м	675	1,2	810
В том числе при монтаже 30 кг/м <sup>2</sup> *4,5 м	135	1,2	162

Погонные нагрузки:

1. Стадия транспортирования и изготовления

$$g_{c.в.} = 0,95 * 151,25 = 143,68 \frac{кг}{м}$$

2. Стадия монтажа сборного элемента

$$q = (151.25 + 111.36 + 1584 + 643.5 + 162) * 0,95 = 2519.5 \frac{кг}{м}$$

3. Стадия эксплуатации

$$q = g + U = \frac{кг}{м}$$

$$g = (151.25 + 111.36 + 1584 + 643.5 + 162 + 742.5 - 162) * 0.95 \\ = 3070.98 \frac{кг}{м}$$

$$U = 810 * 0.95 = 769.5 \frac{кг}{м}$$

$$q = 3070.98 + 769.5 = 3840.48 \frac{кг}{м}$$

### 2.2.3 Расчет ригеля в стадии изготовления и транспортирования

Усилие в напрягаемой арматуре рассчитывается как внешняя продольная сила, определяемая по формуле:

$$N_p = (\sigma'_{sp} - 330) * A_{sp}, \text{ где} \quad (2.2.3.1)$$

$A_{sp}$  – площадь поперечного сечения напрягаемой арматуры, расположенной в наиболее обжатой зоне сечения ( $A_{sp} = 12,56 \text{ см}^2 (4\emptyset 20)$ );

330 Мпа – величина падения напряжений в арматуре  $A_{sp}$  в момент разрушения сжатой зоны, соответствующая предельной сжимаемости бетона при кратковременной сжатии;

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

70

$\sigma'_{sp}$  – предварительное напряжение с учетом первых потерь и коэффициента  $\gamma_{sp} = 1,1$  в арматуре, определяемое по формуле:

$$\sigma'_{sp} = (\sigma_{sp,0} - \sigma_{sp(1)}) * \gamma_{sp}, \text{ где} \quad (2.2.3.2)$$

$\sigma_{sp,0}$  – исходная величина предварительного напряжения;

$\sigma_{sp(1)}$  – потери первой группы

Предварительное напряжение арматуры  $\sigma_{sp,0}$  принимают не более  $0.9R_{s,n}$  и не менее  $0.3R_{s,n}$  (п. 2.25) [12]. Принимаем:

$$\sigma_{sp,0} = 0.9 * R_{s,n} = 0,9 * 600 = 540 \text{ Мпа.}$$

Потери предварительного напряжения арматуры вычисляются в соответствии с п. 2.27 – п. 2.31 [12].

Потери первой группы:

Первые потери предварительного напряжения включают потери от релаксации предварительных напряжений в арматуре, потери от температурного перепада при термической обработке конструкций, потери от деформации анкеров и деформации формы.

1. Потери от релаксации напряжения арматуры при электротермическом способе натяжения:

$$\sigma_{sp,1} = 0,03 * \sigma_{sp,0} \quad (2.2.3.3)$$

$$\sigma_{sp,1} = 0,03 * 540 = 16,2 \text{ МПа}$$

2. Потери от температурного перепада  $\Delta t$ , определяются по формуле:

$$\sigma_{sp,2} = 1,25 * \Delta t \quad (2.2.3.4)$$

$$\sigma_{sp,2} = 1,25 * 65 = 81,3 \text{ Мпа}$$

При отсутствии данных в проекте, принимаем  $\Delta t = 65^\circ\text{C}$

3. При электротермическом способе натяжения арматуры потери от деформации формы не учитываются.
4. При электротермическом способе натяжения потери от деформации анкеров не учитываются, т.к. они должны быть учтены при определении значений полного удлинения арматуры.

Полные потери первой группы равны:

$$\sigma_{sp(1)} = \sigma_{sp,1} + \sigma_{sp,2} = 16.2 + 81.3 = 97.5 \text{ МПа}$$

Потери второй группы:

1. Потери от усадки бетона

$$\Delta\sigma_{sp,5} = \varepsilon_{b,sh} \cdot E_s, \text{ где} \quad (2.2.3.5)$$

$\varepsilon_{b,sh} = 0,0002$  – деформации бетона (для бетона В25)

$$\Delta\sigma_{sp,5} = 0,0002 \cdot 200\,000 = 40 \text{ МПа.}$$

Таким образом, получаем:

$$\sigma'_{sp} = (\sigma_{sp,0} - \sigma_{sp(1)}) \cdot \gamma_{sp} = (540 - 97,5) \cdot 1,1 = 486,75 \text{ МПа}$$

$$N_p = (\sigma'_{sp} - 330) \cdot A_{sp} = (486,75 - 330) \cdot 12,56 = 1968,78 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2$$

Опасным является сечение, расположенное в месте подъемной петли (на расстоянии,  $a = 0,5$  м от торца). В этом сечении изгибающий момент от собственного веса ригеля вычисляется по формуле с учетом  $\gamma_{din} = 1,6$ :

$$M_{c.v.} = \gamma_{din} \cdot \frac{g_{c.v.}^n \cdot a^2}{2} \quad (2.2.3.6)$$

$$M_{c.v.} = 1,6 \cdot \frac{137,5 \cdot 0,5^2}{2} = 27,5 \text{ кг} \cdot \text{м} = 275 \text{ н} \cdot \text{м} = 27500 \text{ н} \cdot \text{см}$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

72

Арматура в нижней зоне

$$A_{sp} = 12,56 \text{ см}^2 (4\emptyset 20 \text{ A}600), a_{sp} = 35 \text{ мм};$$

$$A_s = 4,02 \text{ см}^2 (2\emptyset 16 \text{ A}400), a_s = 35 \text{ мм};$$

Арматура в верхней зоне

$$A'_s = 1,01 \text{ см}^2 (2\emptyset 8 \text{ A}400), a'_s = 30 \text{ мм};$$

Сечение ригеля  $b \cdot h = 50 \cdot 11 \text{ см}$ .

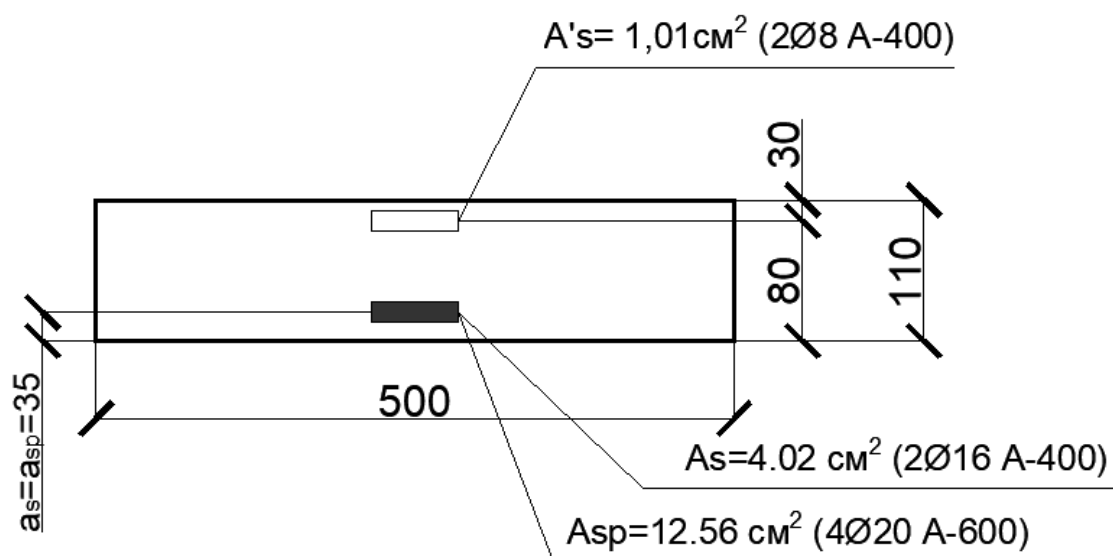


Рисунок 2.2.3.1. Размеры сечения полки ригеля и принятое армирование

Геометрические характеристики:

1. Площадь приведенного поперечного сечения полки ригеля.

$$A_{red} = A_b + \alpha A_{sp} + \alpha A_s = 50 \cdot 11 + 6,54 \cdot (12,56 + 4,02) = 658,43 \text{ см}^2$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^6}{30,6 \cdot 10^4} = 6,54$$

2. Статический момент площади приведенного сечения полки ригеля.

$$\begin{aligned} S_{red} &= S_b + S_{sp} + S_s = 550 \cdot 5,5 + 3,5 \cdot 12,56 \cdot 6,54 + 3,5 \cdot 4,02 \cdot 6,54 \\ &= 3404,5 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

73

3. Центр тяжести сечения

$$y_{\text{цт}} = \frac{S_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} = \frac{3404,5}{658,43} = 5,17 \text{ см}$$

4. Момент инерции приведенного сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения.

$$J_{\text{red}} = \frac{50 \cdot 11^3}{12} + (5,5 - 5,17)^2 \cdot 50 \cdot 11 + (5,17 - 3,5)^2 \cdot 6,54 \cdot 12,56 + (5,17 - 3,5)^2 \cdot 4,02 \cdot 6,54 = 5908,15 \text{ см}^4$$

5. Моменты сопротивления приведенного сечения относительно нижнего ( $W_{\text{red}}$ ) и верхнего ( $W'_{\text{red}}$ ) края.

$$W_{\text{red}} = \frac{J_{\text{red}}}{y_{\text{цт}}} = \frac{5908,15}{5,17} = 1142,77 \text{ см}^3$$

$$W'_{\text{red}} = \frac{J_{\text{red}}}{h - y_{\text{цт}}} = \frac{5908,15}{11 - 5,17} = 1013,4 \text{ см}^3$$

6. Расстояние до верхней ( $r_{\text{sup}}$ ) и нижней ( $r_{\text{inf}}$ ) ядровых точек от центра тяжести приведенного сечения определяется по формуле:

– до верхней ядровой точки

$$r_{\text{sup}} = \varphi \frac{W_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} \quad (2.2.3.7)$$

– до нижней ядровой точки

$$r_{\text{inf}} = \varphi \frac{W'_{\text{red}}}{A_{\text{red}}}, \text{ где} \quad (2.2.3.8)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}}, \quad (0,7 \leq \varphi \leq 1) \quad (2.2.3.9)$$

Принимаем ориентировочно  $\frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} = 0,75$ , тогда:

$$\varphi = 1,6 - 0,75 = 0,85$$

$$r_{\text{sup}} = 0,85 * \frac{1142,77}{658,43} = 1,47 \text{ см}$$

$$r_{\text{inf}} = 0,85 * \frac{1013,4}{658,43} = 1,3 \text{ см}$$

$$\begin{cases} Np + Rs * As - \gamma_{b2} * R_b^{(p)} * b * x - Rsc * A's = 0 \\ Np * e_o + M_{c.в.} \leq \gamma_{b8} * R_b^{(p)} * b * x * (h - \frac{x}{2}) + Rsc * A's * (h_0 - a'_s) \end{cases}$$

Высота сжатой зоны определяется по формуле:

$$x = \frac{Np + Rs * As - Rsc * A's}{\gamma_{b8} * R_b^{(p)} * b}, \text{ где} \quad (2.2.3.10)$$

Расчетное сопротивление бетона сжатию  $R_b^{(p)}$  определяют по таблице 2.4 [12] при классе бетона, равном передаточной прочности бетона  $R_{bp}$ . Согласно п. 6.1.6 [9] передаточную прочность бетона назначают не менее 15 МПа и не менее 50% принятого класса бетона.

$$R_{bp} = 0,5 * B = 0,5 * 25 = 12,5 \text{ Мпа} . \text{ Принимаем } R_{bp} = 15 \text{ МПа}.$$

По таблице 6.8 [9] определяем:

$$R_b^{(p)} = 8.5 \text{ Мпа}$$

$$R_{bt}^{(p)} = 0.75 \text{ Мпа}$$

$$x = \frac{1968,78 + 365 * 1,01 - 365 * 4,02}{1,1 * 8,5 * 50} = 1,9 \text{ см}$$

Несущая способность ригеля находится по формуле:

$$M_{\text{нес}} = \gamma_{b8} * R_b^{(p)} * b * x * (h_0 - \frac{x}{2}) + R_{sc} * A'_s * (h_0 - a'_s) \quad (2.2.3.11)$$

$$M_{нec} = 1,1 * 8,5 * 50 * 1,9 * \left(8 - \frac{1,9}{2}\right) + 365 * 4,02 * (8 - 3,5)$$

$$= 12865,01 \text{ МПа} * \text{см}^3 = 1286501 \text{ н} * \text{см}$$

$M_{нec} = 1286501 \text{ н} * \text{см} > M_{св} = 27500 \text{ н} * \text{см}$  - прочность обеспечена

## 2.2.4 Расчет ригеля в стадии монтажа

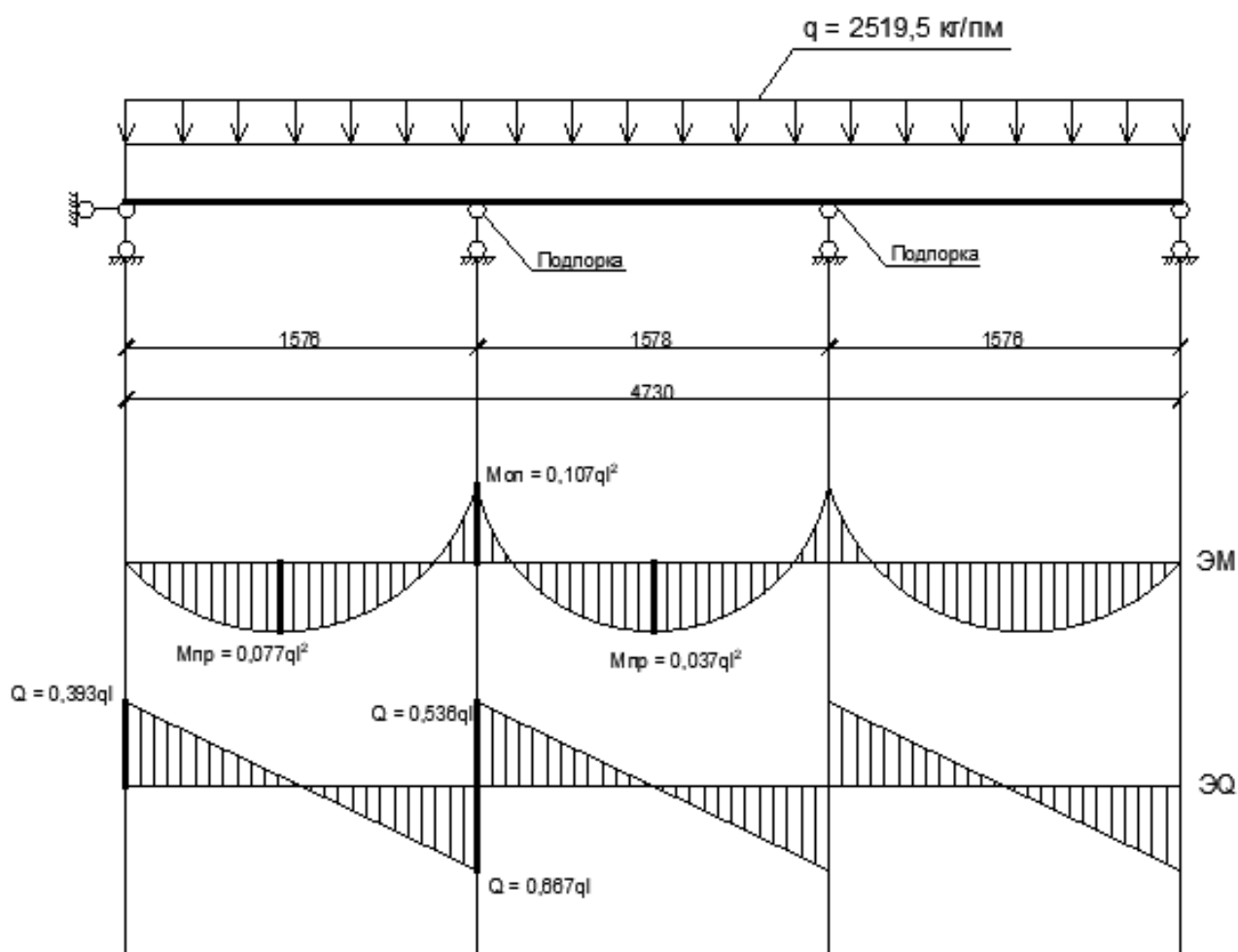


Рисунок 2.2.4.1. Расчетная схема ригеля (с 2-мя подпорками)

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

76



По нормальному сечению (на опоре):

$$M_{оп} = 0,107ql^2 = 0.107 * 2519.5 * 1.576^2 = 669.6 \text{ кг} * \text{м}$$

$$x = \frac{R_s * A'_s}{R_b * b} = \frac{365 * 1,01}{14,5 * 50} = 0,5 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} M_{нес} &= R_b * b * x * \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) = 14.5 * 50 * 0.5 * (8 - 0.25) \\ &= 2809.37 \text{ МПа} * \text{см}^3 = 2809,37 \text{ кг} * \text{м} \end{aligned}$$

$M_{нес} = 2809,37 \text{ кг} * \text{м} > M_{оп} = 669,6 \text{ кг} * \text{м}$  - прочность обеспечена.

По наклонному сечению:

$$Q = 0.66 * q * l = 0.66 * 2519.5 * 1.576 = 2620,7 \text{ кг} = 26,2 \text{ кН}$$

Проверим условия прочности сечения без поперечной арматуры:

$$\begin{cases} Q \leq 2.5 * R_{bt} * b * h_0 \\ Q \leq Q_{b1} \end{cases} \quad (2.2.4.1)$$

$Q = 2620,7 \text{ кН} < 2,5 * 10,7 * 50 * 8 = 10700 \text{ кг}$  - условие выполняется.

$$Q_{b1} = Q_{b,min} = \varphi_{b3} * (1 + \varphi_n) * R_{bt} * b * h_0, \text{ где} \quad (2.2.4.2)$$

$\varphi_{b3}$  – принимается по таблице 29 п. 3.22 [14];

$\varphi_n$  – коэффициент, учитывающий влияние предварительного напряжения арматуры растянутой зоны и определяется по формуле:

$$\varphi_n = 0.1 \frac{P}{R_{bt} * b * h_0} \leq 0,5, \text{ где} \quad (2.2.4.3)$$

$$\begin{aligned} P &= \sigma'_{sp} * A_{sp} - \sigma_{sp,5} * A_s = (540 - 97.5) * 12.56 - 4 * 4.02 \\ &= 5397 \text{ МПа} * \text{см} = 53970 \text{ кг} \end{aligned}$$

$$\varphi_n = \frac{0,1 * 53970}{10,7 * 50 * 7,5} = 1,34 > 0,5, \text{ следовательно, принимаем } \varphi_n = 0,5$$

$$Q_{b1} = Q_{b,min} = 0.6 * 1.5 * 10.7 * 50 * (11 - 3.5) = 3611.25 \text{ кг} = 3,6 \text{ т}$$

Условие  $Q_{b1} = 3,6 \text{ т} > Q = 2,62 \text{ т}$  выполняется, следовательно, прочность сборного элемента ригеля по наклонным сечениям обеспечена без учета поперечной арматуры.

Согласно п.3.30 [14],  $Q_{b1}$  принимается не менее:

$$Q_{crc} = b * \frac{J_{red}}{S_{red}} * \tau_{xy,crc}, \text{ где} \quad (2.2.4.4)$$

$\tau_{xy,crc}$  – касательное напряжение на уровне центра тяжести приведенного сечения, соответствующее образованию наклонных трещин. Определяется по формуле:

$$\tau_{xy,crc} = \tau * R_{bt} \quad (2.2.4.5)$$

Из графика на чертеже 18 [14] при  $\sigma = \frac{P}{R_{bt} * A_{red}} = \frac{53970}{10.7 * 658.43} = 7.66$  находим  $\tau = 2,57$ . Таким образом, получаем:

$$\tau_{xy,crc} = \tau * R_{bt} = 2.57 * 10.7 = 27.5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

Статический момент части сечения, расположенный выше оси, проходящей через центр тяжести,  $S_{red}$  равен:

$$S_{red} = \frac{b * (h - y_0)^2}{2} = \frac{50 * (11 - 5,17)^2}{2} = 849,7 \text{ см}^3$$

$$Q_{crc} = \frac{\tau_{xy,crc} * b * J_{red}}{S_{red}} = \frac{27.5 * 50 * 5908.15}{849.7} = 9560.7 \text{ кг}$$

Поскольку  $Q_{max} = 2.62 \text{ т} < Q_{crc} = 9.56 \text{ т}$  прочность наклонного сечения обеспечена.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

78

## 2.2.5 Расчет ригеля в стадии эксплуатации

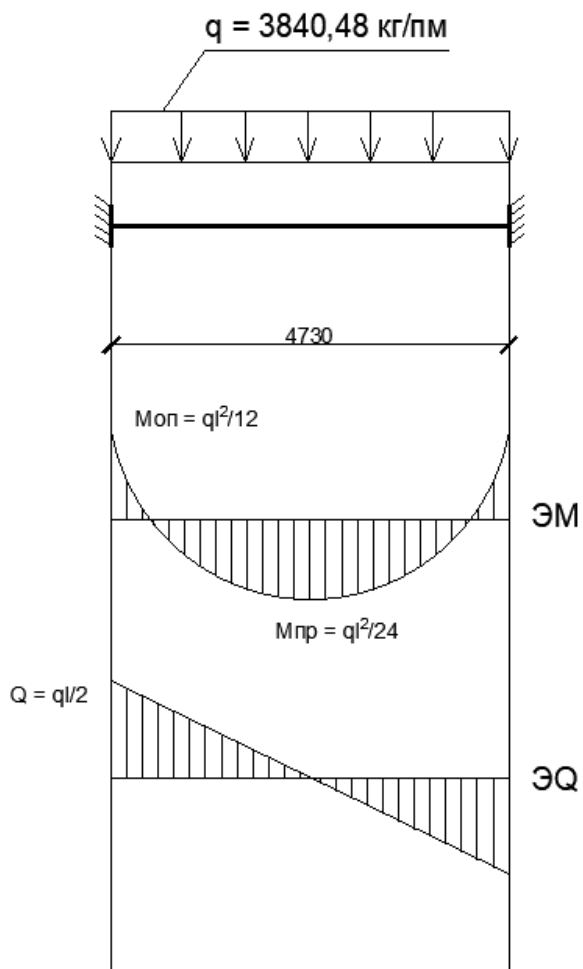


Рисунок 2.2.5.1. Расчетная схема ригеля.

Расчетные усилия равны:

$$M_{\text{оп}} = \frac{q \cdot l^2}{12} = \frac{3840,48 \cdot 4,73^2}{12} = 7160,22 \text{ кгм} = 7,16 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{пр}} = \frac{q \cdot l^2}{24} = \frac{3840,48 \cdot 4,73^2}{24} = 3580,11 \text{ кгм} = 3,58 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{3840,48 \cdot 4,73}{2} = 9082,73 \text{ кг} = 9,08 \text{ т}$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

79

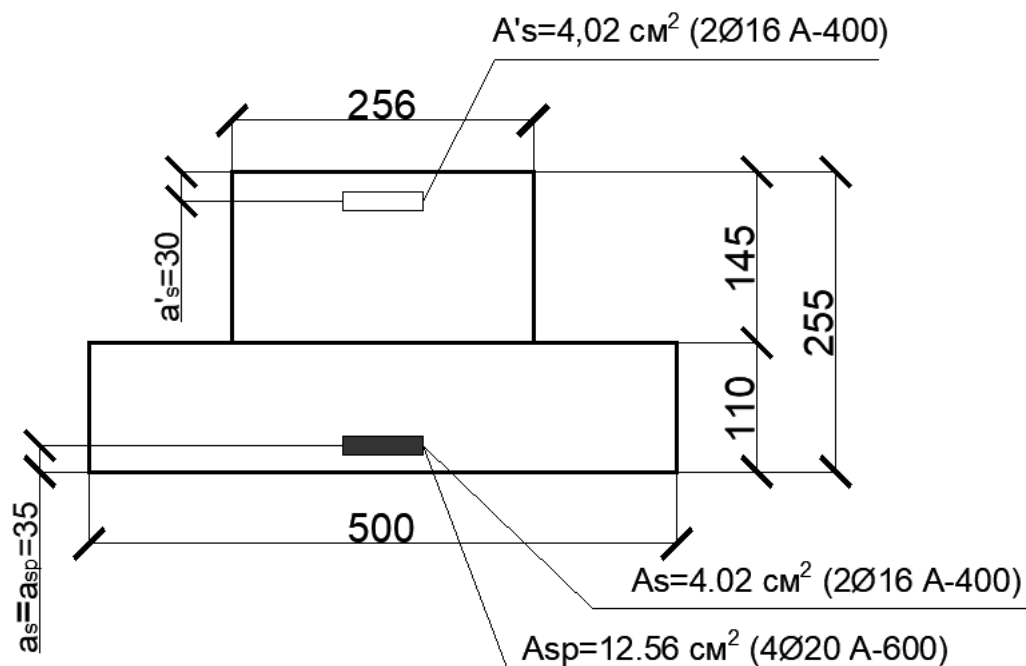


Рисунок. 2.2.5.2. Размеры сечения ригеля и армирование.

На опоре:

$$M = 71602,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,u} - \sigma_{sp} = 400 \text{ МПа} > R_{sc} = 450 \text{ МПа (таблица 22) [15]}$$

$\sigma_{sp} = 0$ , в виду отсутствия на опоре напрягаемой арматуры

Принимаем  $\sigma_{sc} = 450$  Мпа (для арматуры класса А600).

Высота сжатой зоны сечения равна:

$$x = \frac{R_s * A'_s - R_{sc} * A_s - \gamma_{b8} * R_b^{(p)} * b}{14,5 * 50} = \frac{365 * 4,02 - 365 * 4,02 - 450 * 12,56}{14,5 * 50} = -7,79 \text{ см}$$

Сжатая зона отрицательна, следовательно, все усилия воспринимаются продольной арматурой. Проверка относительной высоты сжатой зоны не требуется.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

80

$$\begin{aligned}
 M_{\text{нес}} &= R_b * b * x * \left(h_0 - \frac{x}{2}\right) + R_s * A_s * (h_0 - a_s) + R_{sc} * A_{sp} * (h_0 - a_{sp}) \\
 &= 365 * 4,02 * (22,5 - 3,5) + 400 * 12,56 * (22,5 - 3,5) \\
 &= 123334,7 \text{ МПа} * \text{см}^3 = 12,3 \text{ т} * \text{м}
 \end{aligned}$$

$M_{\text{нес}} = 12,3 \text{ т} * \text{м} > M = 7,16 \text{ т} * \text{м}$  – следовательно, несущая способность ригеля обеспечена.

Расчет по поперечной силе:

$$Q = 90827.3 \text{ Н}$$

$$M_B = \varphi_{b2} * (1 + \varphi_f + \varphi_n) * R_{bt} * b * h_0, \text{ где} \quad (2.2.5.1)$$

$\varphi_{b2}$  – коэффициент, учитывающий вид бетона (таблица 29) [14];

$\varphi_f$  – коэффициент, учитывающий влияние сжатых полок;

$$\varphi_n = 0,5 \text{ (п. 2.2.4).}$$

Суммарный коэффициент  $1 + \varphi_f + \varphi_n$  принимается не более 1,5

$$M_B = 2 * 1,5 * 10,7 * 25,6 * (25,5 - 3,5) = 18078,78 \text{ МПа} * \text{см}^3$$

Проверяем условие (78) [14]:

$$q_{sw} \geq \frac{Q_{b,min}}{2 * h_0} \quad (2.2.5.2)$$

$$\begin{aligned}
 Q_{b,min} &= \varphi_{b3} * (1 + \varphi_f + \varphi_n) * R_{bt} * b * h_0 \\
 &= 0.6 * 1.5 * 10.7 * 25.6 * (25.5 - 3.5) = 5423.6 \text{ кг} = 54236 \text{ Н}
 \end{aligned}$$

$$c = \sqrt{\frac{M_B}{q}} = \sqrt{\frac{1.8078}{3.84}} = 0.686 \text{ м} = 68,6 \text{ см}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} * A_{sw}}{S} = \frac{285 * 4.02}{10} = 114.6 \text{ МПа} * \text{см}^2 = 11460 \text{ Н/см}$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_B}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{1807872}{11460}} = 12.56 \text{ см} < h_0 = 22 \text{ см}$$

Принимаем  $c_0 = 22 \text{ см}$ .

Таким образом, получаем:

$$q_{sw} \geq \frac{54236}{2 \cdot 22} = 1232,6 \frac{\text{Н}}{\text{см}} \text{ т.е. условие выполняется.}$$

$$Q = \frac{M_B}{c} + q_{sw} * c_0 = \frac{1807872}{68.6} + 11460 * 22 = 278473.8 \text{ Н} = 27,84 \text{ т.}$$

$Q = 27,84 \text{ т} > Q = 9,08 \text{ т}$  – прочность наклонного сечения обеспечена.

Выполненные расчеты ригеля пролетом 4,73 м на прочность показали его работоспособность. При этом предусматривается следующее армирование:

1. Сборный элемент ( $h = 11 \text{ см}$ ):

- нижняя арматура  
 $4\text{Ø}20 \text{ A}600$ ;  $A_{sp} = 12,56 \text{ см}^2$ ;  $a_{sp} = 35 \text{ мм}$  – преднапряженная;  
 $2\text{Ø}16 \text{ A}400$ ;  $A_s = 4,02 \text{ см}^2$ ;  $a_s = 35 \text{ мм}$  – без преднапряжения;
- верхняя арматура  
 $2\text{Ø}8 \text{ A}400$ ;  $A'_s = 1,01 \text{ см}^2$ ;  $a'_s = 30 \text{ мм}$  – без преднапряжения.

2. Монолитная часть

- Верхняя пролетная арматура  
 $2\text{Ø}16 \text{ A}400$ ;  $A_{sp} = 4.02 \text{ см}^2$ ;  $a_{sp} = 30 \text{ мм}$ .

3. Поперечная арматура

$2\text{Ø}16 \text{ A}400$  с шагом 10 см;  $A_{sw} = 4.02 \text{ см}^2$ ;  $R_{sw} = 285 \text{ Мпа}$ .

После монтажа сборной части ригеля (перед укладкой монолитного бетона и плит перекрытий) необходима установка 2-х временных подпорок равностоящих друг от друга ( $l = 1.576 \text{ м}$ ). Подпорки остаются до набора проектной прочности бетона монолитной части.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

82

При оценке эксплуатационной пригодности ригеля (жесткость и трещиностойкость) считаем возможным ориентироваться на результаты натурных испытаний.

Контактный слой между сборной и монолитной частью ригеля должен обладать естественной шероховатостью (до 20 мм), а перед омоноличиванием должен тщательно очищаться и увлажняться. При использовании аналогичных ригелей меньших или больших пролетов должно корректироваться количество подпорок с соблюдением шага их расстановки 1,5-1,7 м.

									Лист
									83
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР				

### 3 ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### 3.1 Определение объемов работ и калькуляции трудозатрат

Объем работ по строительству каркаса надземной части здания подсчитывается в соответствии с данными рабочих чертежей.

Таблица 3.1.1

#### Ведомость объемов работ

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Объем работ		Примечание
			На один этаж	На все здание	
1	Монтаж колонн в стаканы фундамента: К-1	шт	32	32	5,05 т
2	Замоноличивание стыков колонн с фундаментами	1 стык	32	32	Объемом до 0,1 м <sup>3</sup>
3	Монтаж колонн:	шт	32	160	
	К-2		32	32	3,25 т
	К-3		32	32	3,25 т
	К-4		32	32	3,25 т
	К-5		32	32	3,25 т
	К-6		32	32	3,225 т
4	Сварочный шов колонн	10 м	1,92	9,6	Вертикальный шов, катет 6мм
5	Монтаж диафрагм жесткости:	шт	6	102	
	Д-1		1	17	S=9,05 м <sup>2</sup>
	Д-2		2	34	S=9,80 м <sup>2</sup>
	Д-3		1	17	S=13,53 м <sup>2</sup>
	Д-4		1	17	S=14,38 м <sup>2</sup>
	Д-5		1	17	S=13,53 м <sup>2</sup>
6	Сварочный шов диафрагм жесткости и колонн	10 м	0,36	6,12	Вертикальный шов, катет 6мм
7	Заделка швов диафрагм жесткости	100 м	0,822	13,974	Без опалубки, вручную



Продолжение таблицы 3.1.1

8	Монтаж ригелей:	шт	47	799	
	ПР1		6	102	0,31 т
	ПР2		8	136	0,26 т
	ПР3		12	204	0,22 т
	ПР4		2	34	0,14 т
	ПР5		3	51	0,30 т
	ПР6		10	170	0,22 т
	ПР7		4	68	0,14 т
	ПР8		2	34	0,1 т
9	Сварочный шов ригелей и колонн	10 м	2,82	47,94	Вертикальный шов, катет бмм
10	Бетонирование стыка сопряжения ригелей и колонн	1 узел	94	1598	Число элементов в узле 2
11	Монтаж лестничных маршей:	шт	2	32	
	ЛМ-1		2	30	2,3 т
	ЛМ-2		2	2	2,38 т
12	Сварочный шов лестничных маршей	10 м	0,12	1,92	Вертикальный шов, катет бмм
13	Заливка швов лестничных маршей	100 м	0,18	2,88	Без опалубки, вручную
14	Монтаж плит перекрытия:	шт	47	711	
	П-1		4	58	S=8,46 м <sup>2</sup>
	П-2		1	14	S=6,75 м <sup>2</sup>
	П-3		2	29	S=2,51 м <sup>2</sup>
	П-4		20	304	S=6,23 м <sup>2</sup>
	П-5		8	128	S=4,97 м <sup>2</sup>
	П-6		9	136	S=4,14 м <sup>2</sup>
	П-7		1	14	S=3,99 м <sup>2</sup>
	П-8		2	28	S=2,65 м <sup>2</sup>
15	Монтаж плит покрытия	шт	47	47	
16	Монтаж связевых плит покрытия	шт	4	4	S=6,27 м <sup>2</sup>
15	Монтаж связевых плит перекрытия: ПС-1	шт	4	60	S=6,27 м <sup>2</sup>
16	Сварочный шов перекрытия, ригеля	10 м	2,82	45,48	Нижнее положение

Продолжение таблицы 3.1.1

17	Заливка швов плит перекрытия	100 м	0,2783	4,732	Без опалубки, вручную
18	Монтаж панелей лифтовой шахты:	шт	7	119	
	Задние		2	34	S=8,95 м <sup>2</sup>
	Боковые		2	34	S=5,15 м <sup>2</sup>
	Передние		2	34	S=8,95 м <sup>2</sup>
	Средние		1	17	S=5,15 м <sup>2</sup>
19	Сварочный шов панелей	10 м	0,84	14,28	Вертикальный шов, 8мм
20	Заливка швов панелей	100 м	0,763	12,85	Без опалубки, вручную
21	Монтаж вентиляционных блоков:	шт	16	256	
	ВБТ-30.8		2	32	0,9 т
	ВБ-30.8		13	208	0,9 т
	ВБТ-25.8		1	16	0,75 т
22	Сварочный шов вент. блоков	10 м	0,96	15,36	Нижнее положение, катет 6мм
23	Заливка швов вент. блоков	100 м	0,384	6,144	Без опалубки, вручную
	Монолитное перекрытие				
24	Установка опалубки	м <sup>2</sup>	4,45	71,23	
25	Сборка каркаса в два слоя с вязкой узлов	т	0,093	1,4884	
26	Раскладка греющего провода с креплением на арматурный каркас	100м	0,328	5,25	
27	Подача бетона к месту укладки	100м <sup>3</sup>	0,010	0,1567	
28	Укладка бетонной смеси в опалубку	м <sup>3</sup>	0,98	15,67	
29	Укрытие теплоизоляционными плитами сверху	м <sup>2</sup>	4,45	71,23	
30	Укрытие теплоизоляционными плитами снизу	м <sup>2</sup>	4,45	71,23	
31	Выдержка бетона	ч	48		
32	Разборка теплоизоляции из минераловатных плит	100м <sup>2</sup>	0,089	1,4246	
33	Разборка опалубки	м <sup>2</sup>	4,45	71,23	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

86

Трудоемкость любых работ вычисляется по формуле:

$$T = \frac{N_{вр} * K_{уср} * K_{попр} * V}{8}, \text{ где} \quad (3.1.1)$$

$N_{вр}$  - норма времени по ЕНиР (чел-час);

$K_{уср}$  - усредненный коэффициент, отражающий повышение трудоемкости в зимний период;

$K_{попр}$  - поправочный коэффициент по ЕНиР;

8 ч – продолжительность смены

Калькуляция затрат труда и машинного времени представлена в таблице

Таблица 3.1.2

Калькуляция трудозатрат

Наименование	Ед. изм.	Обоснование ЕНиР	Объем работ	Затраты труда		Затраты маш. времени	
				Норма времени Чел-ч	Трудоемкость, Чел-см	На ед. времени Маш-ч	Всего Маш-см
Установка колонн в стаканы фундаментов	шт	§Е4-1-4 А	32	5,5	24,2	1,1	4,84
Замоноличивание стыков колонн с фундаментами	1 стык	§Е4-1-25А	32	0,81	3,564	-	-
Установка колонн	шт	§Е4-1-4 Б	160	4,8	105,6	0,48	10,56
Сварочный шов колонн	10 м	§Е22-1-6	9,6	3,3	4,356	-	-
Монтаж диафрагм жесткости:	шт	§Е4-1-8	102	-	25,24	-	6,315
Площадью до 10м <sup>2</sup>			51	1,6	11,22	0,4	2,805
Площадью до 15м <sup>2</sup>			51	2	14,02	0,5	3,51
Сварочный шов диафрагм жесткости и колонн	10 м	§Е22-1-6	6,12	3,3	2,78	-	-

Продолжение таблицы 3.1.2

Заделка швов диафрагм жесткости	100 м	§E4-1-26	13,974	18,5	35,54	-	-
Монтаж ригелей:	шт	§E4-1-6	799	1	109,86	0,2	21,97
Сварочный шов ригелей и колонн	10 м	§E22-1-6	47,94	3,3	21,75	-	-
Бетонирование стыка сопряжения ригелей и колонн	1 узел	§E4-1-25Б	1598	0,97	213,13	-	-
Монтаж лестничных маршей:	шт	§E4-1-10	34	2,2	9,68	0,55	2,42
Сварочный шов лестничных маршей	10 м	§E22-1-6	1,92	3,3	0,87	-	-
Заливка швов лестничных маршей	100 м	§E4-1-26	2,88	6,4	2,53	-	-
Монтаж плит перекрытия:	шт	§E4-1-7	711		62,08		15,52
До 3 м <sup>2</sup>			57	0,44	3,45	0,11	0,86
До 5 м <sup>2</sup>			278	0,56	21,41	0,14	5,35
До 10 м <sup>2</sup>			376	0,72	37,22	0,18	9,31
Монтаж связевых плит перекрытия: ПС-1	шт	§E4-1-7	64	0,72	5,94	0,18	1,48
Монтаж плит покрытия	шт	§E4-1-7	47		4,76		1,19
До 3 м <sup>2</sup>			4	0,52	0,29	0,13	0,07
До 5 м <sup>2</sup>			18	0,64	1,58	0,16	0,40
До 10 м <sup>2</sup>			25	0,84	2,89	0,21	0,72
Монтаж связевых плит покрытия	шт	§E4-1-7	4	0,84	0,462	0,21	0,11
Сварочный шов перекрытия и ригелей	10 м	§E22-1-6	45,48	3,3	20,63	-	-
Заливка швов плит перекрытия/покрытия	100 м	§E4-1-26	4,732	6,4	4,16	-	-

Продолжение таблицы 3.1.2

Монтаж панелей лифтовой шахты:	шт	§E4-1-8	119	1,6	26,18	0,4	6,545
Сварочный шов панелей лифт. шахты	10 м	§E22-1-6	14,28	3,3	6,48	-	-
Заливка швов панелей	100 м	§E4-1-26	12,85	18,5	32,69	-	-
Монтаж вентиляционных блоков:	шт	§E4-1-14	256	1	35,2	0,25	8,8
Сварочный шов вент. блоков	10 м	§E22-1-6	15,36	3,3	6,97	-	-
Заливка швов вент. блоков	100 м	§E4-1-26	6,144	18,5	15,63	-	-
Устройство монолитного перекрытия							
Установка опалубки	м <sup>2</sup>	§E4-1-34Г	71,23	0,22	2,15	-	-
Сборка каркаса в два слоя с вязкой узлов	т	§E4-1-46	1,4884	14,0	2,86	-	-
Раскладка греющего провода с креплением на арматурный каркас	100м	§E23-4-4	5,25	3,125	2,55	-	-
Подача бетона к месту укладки	100м <sup>3</sup>	§E1-7	0,1567	27	0,58	-	-
Укладка бетонной смеси в опалубку	м <sup>3</sup>	§E4-1-49Б	15,67	0,57	1,23	-	-
Укрытие теплоизоляционными плитами сверху	м <sup>2</sup>	§E4-41	71,23	0,36	3,52	-	-
Укрытие теплоизоляционными плитами снизу	м <sup>2</sup>	§E4-41	71,23	0,66	6,46	-	-
Выдержка бетона	ч			48		-	-
Разборка теплоизоляции из минераловатных плит	100м <sup>2</sup>	§E11-77	1,4246	7,5	1,47	-	-
Разборка опалубки	м <sup>2</sup>	§E4-1-34Г	71,23	0,09	0,88	-	-

### 3.2 Выбор основных машин и механизмов

Кран подбираем башенный, так как здание многоэтажное. Выбор монтажного крана осуществляется по техническим параметрам:

Монтируем железобетонную плиту перекрытия в дальнем от крана расположении

1. Требуемая грузоподъемность:

$$Q_k = Q_3 + Q_{пр} + Q_{гр}, \text{ где} \quad (3.2.1)$$

$Q_3$  – масса монтируемого элемента, т;

$Q_{пр}$  – масса монтажного приспособления, т;

$Q_{гр}$  – масса грузозахватного устройства, т;

$$Q_k = (3,2 + 0,1 + 0,05) \cdot 1,2 = 4,02 \text{ т},$$

2. Высота подъема крюка:

$$H_k = h_0 + h_э + h_з + h_{ст}, \text{ где} \quad (3.2.2)$$

$h_0$  – превышение монтажного горизонта над уровнем стоянки крана, м;

$h_э$  – высота поднимаемого элемента, м;

$h_з$  – запас по высоте, необходимый для безопасности монтажа, м;

$h_{ст}$  – высота строповки, м.

$$H_k = 50,85 + 0,22 + 1,0 + 2,26 = 54,33 \text{ м}$$

3. Вылет:

$$L_{стр}^{тр} = c + b, \text{ где} \quad (3.2.3)$$

$b$  – расстояние от оси движения крана до наиболее отдаленной от него наружной грани платформы;

$c$  – ширина здания;

$$L_{стр}^{тр} = 20,9 + 7,9 = 28,8 \text{ м},$$

Таким образом, получаем, требуемые параметры крана:

$Q = 4,02 \text{ т}; H = 54,33 \text{ м}; L = 28,8 \text{ м}$

Выбор крана осуществляем по графикам грузоподъемности башенных кранов. Наиболее подходящим по требуемым параметрам является кран КБ-586.

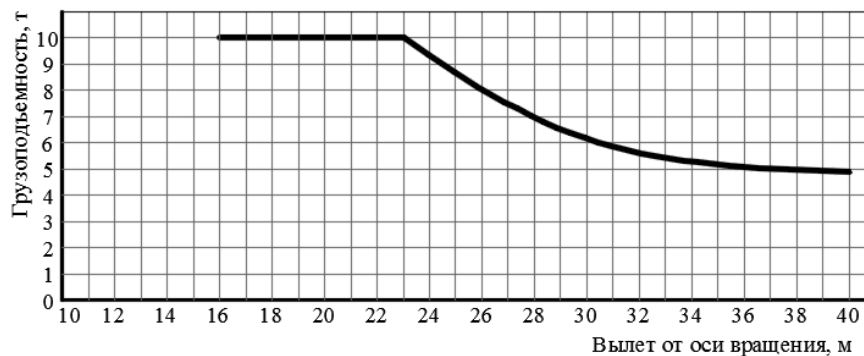


Рисунок 3.2.1. Технические характеристики КБ-586.

Для производства работ так же выбираем следующие машины и механизмы:

1. Экскаватор-бульдозер ЭО-3323а (для разработки котлована и для его обратной засыпки).

Технические характеристики:

- Вес: 12,4 т;
- Габаритные размеры, мм: 8350x2500x3180 мм;
- Вместимость ковша:
  - прямая лопата - 0.65 м<sup>3</sup>,
  - обратная лопата - 0,4 м<sup>3</sup>;
- Глубина копания: 4700 мм;
- Радиус копания на уровне стоянки: 7980 мм;
- Высота выгрузки: 5630 мм.

2. Бульдозер ДЗ-27С.

Технические характеристики:

- Вес: 13,35 т;
- Габаритные размеры: 4393x2475x3130 мм.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

91

Характеристики рабочего оборудования (отвала):

- Длина: 3200 мм;
- Высота: 1100 мм;
- Максимальная высота подъема: 800 мм;
- Максимальная глубина резания: 335 мм;
- Угол резания: 55°;
- Масса: 1,85 т.

3. Автомобильный кран Галичанин КС-55713-1 (для вспомогательных работ подземной части).

Технические характеристики:

- Вес: 20,5 т;
- Габаритные размеры: 11000x2500x3950 мм;
- Вылет: 2-197 м;
- Высота подъема с основной стрелой: 9,7-21,7 м;
- Высота подъема с гуськом: 32,5 м;

4. Вибратор ИВ-116 А.

Производительность: 9-20 м<sup>3</sup>.

3.3 Технология строительства надземной части здания

Монтаж сборных железобетонных конструкций и приемку монтажных работ вести в соответствии с требованиями СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» [16], СП 12-135-2003 «Безопасность труда в строительстве» [17].

В процессе производства работ предусмотреть мероприятия по противопожарной защите и контролю за выполнением правил пожарной безопасности на всех этапах строительства.

В качестве антикоррозийного покрытия для защиты закладных деталей и соединительных деталей, металлических конструкций при транспортировании и

					08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		92



хранении изделий использовать грунт ГФ-021 по ГОСТ 25129-82\* [18].  
Антикоррозионное покрытие выполнять во всех местах, где при монтаже и сварке нарушено заводское покрытие. Непосредственно перед нанесением антикоррозионных покрытий защищаемые поверхности должны быть очищены от остатков сварочного шлака, брызг металла, жиров и других загрязнений.

До начала работ по возведению надземной части здания должны быть выполнены следующие виды работ:

- произведена расчистка и ограждения территории строительства;
- устроены подъездные пути и автодороги;
- обозначены пути движения механизмов, места складирования, укрупнения элементов опалубки, подготовлена монтажная оснастка и приспособления;
- завезены арматурные сетки, комплекты опалубки в количестве, обеспечивающем бесперебойную работу не менее, чем в течение двух смен;
- составлены акты приемки в соответствии с требованиями нормативных документов;
- произведена геодезическая разбивка осей и разметка положения стен в соответствии с проектом;
- выполнены земляные работы с устройством фундаментной плиты, возведены стены и смонтировано перекрытие подвального этажа.

### 3.3.1 Монтаж колонн

Монтаж колонн первого яруса производить после достижения бетоном монолитной фундаментной плиты прочности не менее 70% от R<sub>28</sub>. Перед установкой колонн необходимо выполнить исполнительную схему фундаментных анкерных блоков (либо колонн предыдущего яруса) и проверить их на отклонение

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

93

от допустимых значений. При обнаружении отклонений от проектной, рабочей или иной документации монтаж колонн вести только после полного устранения недостатков.

После установки и выверки колонны стык колонн обетонировать. Перед бетонированием стык очистить от грязи и снега. При бетонировании стыков колонна-колонна, при классе колонн В40, бетон принять В30 (совместно с омоноличиванием ригелей), при классе В30, бетон принять В25 (совместно с омоноличиванием ригелей). Дальнейшее нагружение колонны и снятие опалубки стыка производить после достижения бетоном прочности не менее 70% от  $R_{28}$ . Прочность бетона стыков колонн контролировать и оценивать по ГОСТ 18105-2010 [19].

Предельные отклонения при монтаже колонн:

- Отклонение рисок, осей, граней в нижнем сечении смонтированных конструкций от установочных – 8 мм;
- Отклонение от вертикали в верхнем сечении для колонн длиной 4-8 м – 15 мм;
- Отклонение от вертикали в верхнем сечении для колонн длиной 8-16 м – 20 мм;
- Разность отметок верха колонн каждого яруса в пределах выверяемого участка – 10 мм.

Колонны должны транспортироваться и складироваться в горизонтальном положении. Перевозку и хранение выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 13015-2003 [20]. Подъем и перевозку железобетонных колонн выполнять за петли для отрыва из опалубки, монтаж выполнять специальной траверсой за строповочное отверстие в верхней части колонн.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

94

Технологическая последовательность монтажа колонн:

- Очистка от мусора, грязи, ржавчины и наплывов бетона торцевую поверхность колонны и нижележащего яруса;
- Доставка и размещение в зоне монтажа приспособления, оборудование и инструмент;
- Строповка и подача колонны к месту её монтажа;
- Установка колонны на нижестоящую колонну в положении, близком к проектному;
- Выверка и закрепление колонны в проектном положении;
- Сварка и замоноличивание стыка колонны.

### 3.3.2 Монтаж диафрагм жесткости

Диафрагмы жесткости запроектированы сборными железобетонными толщиной 140 мм из бетона класса В30. Предел огнестойкости диафрагм жесткости – 60 минут. Диафрагмы жесткости устанавливаются в пролете между колоннами и соединяются между собой и колоннами путем сварки закладных деталей, расположенных по вертикальным и горизонтальным граням. Отклонение рисков, осей, граней в нижнем сечении от установочных не более 10 мм. Отклонение от вертикали в верхнем сечении не более 10 мм.

Диафрагмы жесткости должны транспортироваться и складироваться в вертикальном положении. Подъем, перевозку и монтаж выполнять специальными траверсами.

До начала установки диафрагм жесткости должны быть установлены и постоянно закреплены колонны, доставлены на рабочее место монтажное оборудование, приспособления и инструменты.

Допускаемые отклонения от основных проектных размеров, мм:

										Лист
										95
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР					

- по длине  $\pm 10$ ;
- по ширине  $\pm 10$ ;
- по толщине  $\pm 5$ .

Технологическая последовательность монтажа диафрагм жесткости:

- Подготовка места установки диафрагмы жесткости. Подготовка панели к строповке и нанесение меток;
- Укладка раствора на место установки панели и его выравнивание;
- Строповка и подача панели к месту монтажа;
- Диафрагму устанавливают на опорные балки и выверяют ее в горизонтальной плоскости;
- Растроповка панели;
- После установки панели диафрагмы необходимо уплатить раствор в горизонтальном шве сначала с одной стороны, а затем с другой. Снятие временного крепления производится после окончательного закрепления стен.

Предельные отклонения от совмещения ориентиров при установке панелей от проектного положения не должны превышать следующих значений:

- отклонения от совмещения ориентиров в нижнем сечении установленных панелей с установочными ориентирами - 8 мм;
- отклонения от вертикали верха плоскостей перегородок - 12 мм.

### 3.3.3 Монтаж ригелей

Поверхность полки ригеля (место контакта с монолитной частью) при изготовлении выполняется с шероховатостью, имеющей искусственные или естественные выступы высотой (или впадины глубиной) до 10 мм.

Технологическая последовательность монтажа ригеля:

- Очистка полки ригеля от наплывов бетона, мусора и т.д.;
- Доставка и размещение в зоне монтажа приспособления, оборудование и инструмент;
- Строповка и подача ригеля к месту монтажа;
- Ригель укладывается на монтажный уголок, приваренный к закладной детали колонны. Опорная закладная деталь ригеля приваривается по контуру к опорному уголку;
- После закрепления сборной части ригеля необходимо обеспечить его контруклон с помощью установки опорных стоек из бруса сечением 150х150 мм (шаг стоек принимается не более 1,7 м.);
- Сварка и замоноличивание стыка ригеля с колонной;
- Устройство опалубки для монолитной части ригеля, бетонирование и демонтаж опалубки.

Демонтаж стоек производить после бетонирования ригеля совместно с плитами перекрытия и колоннами и достижения бетоном прочности не менее 70% от  $R_{28}$ . После выставления стоек и обеспечения уклона необходимо выполнить армирование верхней зоны ригеля согласно рабочему проекту. Анкеровка арматуры верхней зоны ригеля в колонну выполняется путем установки в заводских условиях на концы стержней анкерных пластин, анкеровка стержней в ригель принята согласно СП [11].

Бетонирование ригелей выполнять бетоном В25 после завершения всего комплекса работ по их монтажу, установки арматуры верхней зоны ригеля, закладных деталей, а также после установки плит перекрытия, их выверки и анкеровки. Перед бетонированием поверхность сборной части ригеля тщательно очистить от мусора и увлажнить. Монолитные участки в плитах перекрытия бетонировать одновременно с ригелями. Не допускается перерыв в

бетонировании в узлах сопряжений ригелей с колоннами. Рабочие швы устраивать на расстоянии четверти пролета от ближайшей опоры.

При бетонировании ригелей необходимо обеспечить тщательное и полное заполнение бетоном проема в колоннах. Бетонную смесь укладывать с уплотнением глубинными вибраторами. Опалубку ригелей наружных рядов можно демонтировать после достижения бетоном ригелей не менее 80% проектной прочности и уплотнением глубинными вибраторами швов между плитами.

Предельные отклонения:

- отклонения рисок, осей, граней в нижнем сечении смонтированных конструкций от установочных – 8 мм;
- смещение балок с осей колонн – 8 мм;
- отклонение отметок опорных узлов – 10 мм;
- расстояние между осями балок – 10 мм.

Ригели должны транспортироваться и складироваться в горизонтальном положении. Запрещается складировать ригели в штабелях и деформировать каркасы ригелей. Подъем и перевозку железобетонных ригелей выполнять за строповочные петли, монтаж выполнять двухветвевым стропом за строповочные петли (угол между стропами и горизонтом не менее 45°С).

### 3.3.4 Монтаж плит перекрытия

Сборные плиты перекрытия – многопустотные с подрезной полкой, толщиной 220 мм. Опираие плит осуществляется на полку ригелей. Соединение сборных многопустотных плит по торцам с монолитной частью ригеля осуществляется посредством бетонных шпонок, образуемых за счет укладки монолитного бетона при бетонировании ригеля в открытые пустоты плит на 200 мм до ограничивающих заглушек из бетона шириной 130 мм. Плиты перекрытия должна соответствовать требованиям ГОСТ [20].

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

98

Состав бетонной смеси, ее приготовление и транспортирование должны соответствовать ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» [21]. Бетонные смеси следует укладывать в бетонируемые конструкции горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов, с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях. Под монолитный участок, на который устанавливаются опорные стойки под опалубку вышележащего монолитного участка необходимо устанавливать не менее двух ярусов распределительных стоек.

До начала монтажа плит перекрытия должны быть выполнены следующие работы:

- Необходимо смонтировать и окончательно закрепить все конструкции нижележащих этажей, колонны, установить ригели;
- Доставить в зону монтажа необходимые приспособления и механизмы;
- Доставить в зону монтажа плиты, подготовить их к монтажу (очистить от грязи, проверить размеры и соответствия закладных деталей проекту).

Плиты следует транспортировать и хранить в горизонтальном положении в штабелях. Плиты должны храниться в штабелях, рассортированных по маркам. Высота штабеля плит не должна превышать 2,5 м. В штабеле между плитами в зоне расположения монтажных петель должны устанавливаться деревянные инвентарные прокладки. Не допускается опирание плит в штабеле по трем точкам. Отклонения конструкций не должно превышать указанных в СП [16].

Для строповки плит перекрытия принят четырехветвевой канатный строп с равномерной нагрузкой на четыре ветви. К выполнению операций по строповке грузов в процессе производства работ грузоподъемными машинами допускаются специально обученные квалифицированные рабочие–стропальщики.

										Лист
										99
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР					

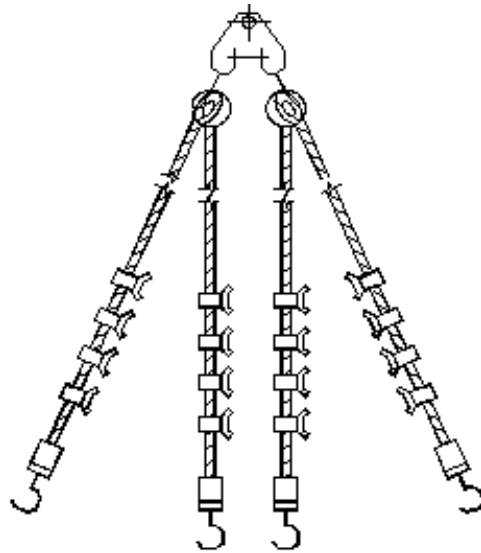


Рисунок 3.3.3.1. Строп четырехветвевой.

Предельные отклонения плит перекрытия:

- Отклонение торцов плиты от опалубочных размеров:  $\pm 5$  мм;
- Отклонение поперечных размеров плиты перекрытия: +6мм, - 3мм;
- Отклонение плиты перекрытия в горизонтальной плоскости (провисание): 10 мм.

Допустимое отклонение торца плиты перекрытия от проектного положения должно быть от 0 до 20 мм наружу от контура.

Технологическая последовательность монтажа плит перекрытия:

- Очищают панель от бетона и грязи, проверяют соответствия размеров панели проектным;
- В месте укладки плиты перекрытия очищают опорную поверхность, укладывают раствор на полки ригелей и расстилают его ровным слоем;
- Панель стропуют четырехветвевым стропом и подают к месту укладки в горизонтальном положении (рисунок 3.3.3.2);

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

100



- Панель плавно укладывается на постель из раствора. При натянутых стропях панель рихтуют, проверяют уровнем горизонтальной поверхности и положение панели по высоте;
- После окончательной выверки и отсутствия отклонений уложенной панели осуществляют ее расстроповку.

При приемке и монтаже всех панелей, кроме первой, монтажники находятся на уже уложенных панелях. Крайние плиты монтируются с монтажных подмостей. Каждая плита приваривается швом проектной длины не менее чем в трех углах плиты.

### 3.3.5 Монтаж лестничных маршей

С целью обеспечения устойчивости лестничной клетки и связи ее с диском перекрытия монтаж лестничных маршей разрешается производить только после полного заполнения смежных пролетов плитами перекрытия.

Перед подъемом каждого лестничного марша необходимо проверить соответствие его проектной марке, очистить опорные поверхности ригелей, диафрагм жесткости и лестничных маршей от мусора, грязи, снега и наледи.

Лестничные марши подают к месту установки в проектом положении и укладывают на слой цементного раствора толщиной до 30 мм.

Транспортировать и хранить марши и площадки следует в штабелях в горизонтальном положении на подкладках и прокладках, при этом лестничные марши следует располагать ступенями вверх. Подкладки и прокладки между рядами маршей и площадок должны быть толщиной не менее 30 мм и установлены в местах расположения строповочных отверстий или монтажных петель. Высота штабеля при хранении маршей и площадок не должна превышать 2,5 м.

Технологическая последовательность монтажа лестничных маршей:

- устанавливают инвентарные подмости и размечают гнезда в кирпичных стенах;
- пробивают с помощью отбойных молотков гнезда для опирания выпускных ребер лестничной площадки;
- на выверенную нижнюю поверхность гнезд расстилают раствор и монтируют лестничную площадку;
- после установки площадки проверяют ее горизонтальность в двух направлениях и соответствие наружных граней площадки проектному положению и размерам марша;
- после выверки площадки заделывают гнезда кирпичом на цементном растворе с плотным заклиниванием щебнем и раствором всех пустот между старой и новой кладкой;
- после установки и выверки лестничного марша производят сварку закладных деталей, заливку швов цементным раствором и заделку гнезд верхней площадки.

По мере монтажа лестницы устанавливают временные ограждения или постоянные лестничные перила.

Предельные отклонения:

- ступеней от горизонтали - 2 мм;
- защитных решеток от вертикали - 3 мм;
- отметок верха лестничной площадки от проектной - 5 мм;
- площадок лестниц от горизонтали - 5 мм.

### 3.3.6 Монтаж панелей шахт лифта

Панели шахт лифтов предусмотрены для жилого здания с высотой этажа 3,6 м во встроенных нежилых помещениях социально-бытового обслуживания и 3,0 м в жилых помещениях. Предел огнестойкости панелей – 30 минут.

На стройплощадку панели шахт лифтов поставляются в вертикальном положении. Складируют панели в виде пирамиды, опирая их одну на другую. Между панелями необходимо вставлять прокладочные бруски

До начала производства работ необходимо:

- закончить работы по возведению перекрытия нижележащего этажа;
- места производства работ по монтажу панелей шахты лифта необходимо освободить от неиспользуемого инвентаря, приспособлений, строительного материала;
- доставить и разместить в зоне монтажа приспособления, оборудование и инструмент.

Технологическая последовательность монтажа панелей шахт лифтов:

- Очистка места монтажа от строительного мусора;
- Очистка панели от наплывов бетона и мусора, осмотр на наличие дефектов;
- Установка на панель шахты закладной детали, нанесение рисок;
- Строповка панели и подача на этаж;
- Устройство растворной постели и опускание панели на подготовленную постель;
- Корректировка установки панели до совпадения осевых рисок на монтируемой панели и панели шахты лифта;
- Не расстроповывая панель, используют струбцины для выверки и дальнейшего закрепления панели шахты лифта в проектном положении (выверка панели происходит до полной её перпендикулярности);

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

103

- Расстроповка панели;
- Уплотнение уложенного раствора в горизонтальном шве.

После установки всех панелей стен шахты лифта, их выверки и закреплении в проектном положении, рабочие демонтируют струбины. Далее происходит демонтаж площадок, с которых велись работы по установке стен лифтовой шахты.

Предельные отклонения:

- от вертикали верха плоскости перегородок - 12 мм;
- от совмещения продольной оси перегородки в нижнем сечении с рисками разбивочных осей - 8 мм.

При приемке следует проверить надежность закрепления панелей, отсутствие трещин, зыбкости, поврежденных мест, изоляцию стыков между панелями и стенами.

### 3.3.7 Монтаж вентиляционных блоков

Вентиляционные блоки предусмотрены для здания на жилых этажах, начиная со 2-го этажа, с высотой этаж 3,0 м. Блоки выполнены сборными из 2-х или 4-х полублоков, изготавливаемых в горизонтальных формах и собираемых в заводских условиях в единый блок путем сварки закладных деталей. В горизонтальном стыке полублоков предусмотрена установка герметизирующей прокладки с последующей зачеканкой стыка. Монтаж вентиляционных блоков ведется поэтажно.

Транспортирование вентиляционных блоков осуществляют в вертикальном или слегка наклонном положении. Вентиляционные блоки хранят в вертикальном, горизонтальном или слегка наклонном положении в кассетах или пирамидах.

Технологическая последовательность монтажа вентиляционных блоков:

- Проверяется состояние монтажных петель, канатов;
- Подача блока к месту монтажа;

- Подача к месту установки вентиляционного блока раствора. Раствор под очередной монтируемый вентиляционный блок должен расстилаться непосредственно перед его установкой на место;
- Вентиляционный блок, поданный краном к месту монтажа, принимают и направляют в отверстие в плите перекрытия;
- Вентиляционный блок опускают на подготовленную растворную постель (толщиной 20 мм) и производят выверку его положения. Если имеются отклонения, то монтажники подправляют низ блока монтажными ломиками;
- После окончательной выверки блок расстроповывают;

### 3.4 Требования к качеству и приемке работ

Мероприятия по контролю и оценке качества строительно-монтажных работ осуществляются в соответствии с требованиями СП [16]. Контроль качества выполненных работ осуществляют путем проверки соответствия форм и геометрических размеров сборных железобетонных конструкций каркаса рабочим чертежам.

Перед подъемом каждого монтажного элемента необходимо проверить:

- соответствие его проектной марке;
- состояние закладных изделий и установочных рисок, отсутствие грязи, повреждений;
- наличие на рабочем месте необходимых соединительных деталей и вспомогательных материалов;
- правильность и надежность закрепления грузозахватных механизмов.

Конструкции следует устанавливать в проектное положение по принятым ориентирам (рискам, граням). Устанавливаемые монтажные элементы до расстроповки должны быть надежно закреплены.

Сварку элементов конструкций следует производить в надежно зафиксированном проектном положении. Антискоррозионное покрытие сварных соединений, а также участков закладных деталей и связей надлежит выполнять во всех местах, где при монтаже и сварке нарушено заводское покрытие.

Работы по антискоррозионной защите металлических деталей и сварочных швов должны выполняться после окончания монтажа конструкций. Качество антискоррозионных покрытий надлежит проверять в соответствии с требованиями СП 72.13330.2016 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии» [22].

Качество цементирования швов проверяется:

- обследованием бетона посредством бурения контрольных скважин и гидравлического опробования их и кренов, взятых из мест пересечения швов;
- замеров фильтрации воды через швы;
- ультразвуковыми испытаниями.

### 3.5 Техника безопасности при производстве работ

Указания по технике безопасности разработаны на монтажные работы согласно указаниям раздела №8 Монтажные работы СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство» [23].

1. На участке, где ведутся монтажные работы, не допускается выполнение других работ и нахождение посторонних лиц.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

106

2. Способы строповки элементов конструкций и оборудования должны обеспечивать их подачу к месту установки в положении, близком к проектному.
3. Запрещается подъем сборных железобетонных конструкций, не имеющих монтажных петель или меток, обеспечивающих их правильную строповку и монтаж.
4. Очистку подлежащих монтажу элементов конструкций от грязи и наледи следует производить до их подъема.
5. Элементы монтируемых конструкций или оборудования во время перемещения должны удерживаться от раскачивания и вращения гибкими оттяжками.
6. Не допускается пребывание людей на элементах конструкций и оборудования во время их подъема или перемещения.
7. Во время перерывов в работе не допускается оставлять поднятые элементы конструкций и оборудования на весу.
8. Установленные в проектное положение элементы конструкций или оборудования должны быть закреплены так, чтобы обеспечивалась их устойчивость и геометрическая неизменяемость. Расстроповку элементов конструкций и оборудования, установленных в проектное положение, следует производить после постоянного или временного надежного их закрепления. Перемещать установленные элементы конструкций или оборудования после их расстроповки не допускается.
9. Не допускается выполнять монтажные работы на высоте в открытых местах при скорости ветра 15 м/с и более при гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ.
10. Не допускается нахождение людей под монтируемыми элементами конструкций и оборудования до установки их в проектное положение и закрепления.

11. До выполнения монтажных работ необходимо установить порядок обмена условными сигналами между лицом, руководящим монтажом, и машинистом (мотористом). Все сигналы подаются только одним лицом (бригадиром монтажной бригады, звеньевым, такелажником-стропальщиком), кроме сигнала "Стоп", который может быть подан любым работником, заметившим явную опасность.
12. Монтаж конструкций каждого последующего участка здания следует производить только после надежного закрепления всех элементов предыдущего участка согласно проекту.
13. При перемещении конструкций или оборудования расстояние между ними и выступающими частями смонтированного оборудования или других конструкций должно быть по горизонтали не менее 1 м, по вертикали — 0,5 м.
14. Углы отклонения от вертикали грузовых канатов и полиспастов грузоподъемных средств, в процессе монтажа не должны превышать величину, указанную в паспорте, утвержденном проекте или технических условиях на это грузоподъемное средство.
15. Монтаж конструкций вблизи электрических проводов (в пределах расстояния, равного наибольшей длине монтируемого элемента) должен производиться при снятом напряжении. При невозможности снятия напряжения работы следует производить по наряду-допуску, утвержденному в установленном порядке.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

108



## 4 ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 4.1 Характеристика района по месту расположения объекта

В рамках дипломной работы рассматривается возведение жилого дома № 4. Участок работ под застройку жилого дома № 4 находится в Курчатовском районе г Челябинска, на территории микрорайона № 50 Краснопольской площадки № 1, юго-западнее пересечения Краснопольского проспекта и ул. Ал. Шмакова. Рельеф участка работ равнинный, с полого-волнистой поверхностью, слабонаклоненной в юго-восточном направлении. Территория не застроена.

### 4.2 Технологическая последовательность работ

До начала работ основного периода необходимо выполнить все работы подготовительного периода с составлением акта сдачи-приемки выполненных работ. Проектом предусмотрена следующая последовательность выполнения работ.

Подготовительный период:

- Разработка проекта производства работ и выполнение привязки по месту типовых технологических карт на отдельные виды работ;
- Заключение договоров с транспортными, снабженческими и другими организациями;
- Укомплектование парка строительных машин и транспортных средств;
- Организация разгрузки, хранения поступающих механизмов, техники, оборудования, конструкций, материалов и инструментов;
- Обеспечение строительства временными зданиями и сооружениями, оборудованными автоматической пожарной сигнализацией, установкой

биотуалета, контейнера для сбора мусора, противопожарного щита на площадке строительства;

- Обеспечение электроэнергией от существующей ТП по техническим условиям заказчика, водой от существующего пожарного гидранта, сжатым воздухом от передвижного компрессора, кислородом в привозных баллонах;
- Обеспечение строительства средствами связи и пожаротушения;
- Установка временного ограждения по ГОСТ 23407-78 [24], с установкой предупредительных, указательных, дорожных знаков;
- Устройство временной дороги по площадке строительства из щебня толщиной 20 см;
- Оборудование на выезде площадки для мойки колес автотранспорта;
- Предварительная планировка территории;
- Создание геодезической разбивочной основы.

Знаки геодезической разбивки устанавливаются в такие места, где им можно было бы свободно пользоваться (устанавливать теодолит) и где они не были бы уничтожены при производстве земляных работ.

Устройство площадок складирования производить путем выравнивания и подсыпки щебнем толщиной 150 мм и 50 мм каменной мелочи. Планировку поверхности дорог и площадок выполнять бульдозером ДЗ-27С.

Основные строительные-монтажные работы выполнять только после окончания подготовительных работ с составлением акта готовности.

Основной период:

- Устройство котлована здания;
- Устройство монолитной железобетонной плиты;
- Устройство анкерных блоков под колонны;
- Монтаж колонн;
- Монтаж ригелей;

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

110

- Монтаж панелей стен;
- Монтаж плит перекрытия;
- Устройство кровли;
- Наружные сети теплоснабжения;
- Отделочные работы;
- Наружные сети водоснабжения и канализации, телефон, сети электроснабжения, тепловые сети, радио;
- Вертикальная планировка территории, благоустройство, озеленение.

#### 4.2.1 Земляные работы

Земляные работы, устройство оснований и фундаментов производить в соответствии с требованиями СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения. Основания и фундаменты» [25], СП [16]. До начала производства работ должен быть оформлен протокол согласования условий производства земляных работ и получено разрешение на их производство. Вертикальную планировку территории производить бульдозером. Грунт в насыпку уплотнять кулачковыми катками послойно с десятью проходками катка по одному следу. Планировку грунта на участке производить бульдозером ДЗ-27С. Разработку грунта в котловане под фундаменты здания вести экскаватором ЭО-3323а «обратная лопата» емкостью ковша 0,5 м<sup>3</sup>. При устройстве котлована необходимо проверить соответствие грунтов основания принятым в проекте, о чем составляется акт.

При выполнении обратной засыпки необходимо обеспечивать устойчивость и сохранность засыпаемых конструкций и гидроизоляционных покрытий. Для уплотнения грунта использовать самоходные катки, виброкатки, электротрамбовки. Уплотнение грунта вблизи здания (1 м) производить ручными пневматическими трамбовками. Земляные работы вести в теплый период времени года. Не допускать длительные простои открытого котлована, промораживания и

искусственного замачивания грунтов в основании фундамента, т.к. нарушение этих требований ведет к резкому ухудшению прочностных свойств грунта.

#### 4.2.2 Строительно-монтажные работы

Монтаж надземной части здания выполнять башенным краном КБ-586, Lстр = 40 м. Зону работы крана ограничить в соответствии со стройгенпланом. Все работы, связанные с перемещением груза, производить под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ. На местности выделить зону запрещения перемещения грузов видимыми маяками, флажками и т.д. с освещением в темное время суток.

Строповку грузов осуществлять в соответствии со схемами строповок. Конструкции подают к месту монтажа и укладывают с таким расчетом, чтобы грузоподъемный кран мог поднимать их и устанавливать в проектное положение. Во время подъема рабочие-монтажники не должны находиться под поднимаемым грузом.

#### 4.2.3 Устройство монолитных железобетонных конструкций

Работы производить с помощью инвентарной опалубки. Перед монтажом арматуры должен быть произведен контроль за правильностью установки опалубки. Подачу арматурных стержней и каркасов в зону строительства осуществлять краном. Бетонную смесь доставлять автобетоносмесителями типа СБ-124 и подавать с помощью автобетононасоса или краном в бадьях. Движение людей по забетонированным конструкциям, а также установка на них опалубки для возведения вышележащих конструкций допускается после достижения бетоном прочности не менее 1,5 Мпа СП [16], что устанавливается лабораторией строительства.

									Лист
									112
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР				

Распалубливание бетонных конструкций производить после достижения бетоном прочности 3,5 Мпа, но не менее 70% проектной прочности (т.3 СП [16]) с разрешения производителя работ и постепенным ослаблением элементов опалубки.

#### 4.2.4 Инженерные коммуникации

Земляным работы производить в соответствии с п. 3,4 СП [25]. Разработку грунта в траншеях для инженерных коммуникаций производить экскаваторами «обратная лопата» с ковшом емкостью 0,5 м<sup>3</sup>. Вручную выполнять подчистку траншей до проектных отметок.

Пересечение с вышележащими действующими сетями выполнять с креплением существующих сетей. Все пересекаемые коммуникации защищать путем подвески их к металлоконструкциям, уложенными поперек траншеи. Перед началом работ расположение существующих коммуникаций уточнить и закрепить на трассе специальным знаком. Места прохода людей через траншеи оборудовать переходными мостиками, освещаемыми в ночное время. Пересечения с существующими проездами выполнять открытым способом.

Обратную засыпку в местах пересечений с существующими проездами выполнять щебнем. Обратную засыпку траншеи с уложенными трубопроводами и кабелями выполнять в соответствии с требованиями п.п. 4.9 - 4.13 СП [25] Монтаж инженерных коммуникаций производить автомобильным краном грузоподъемностью 16-25 т.

#### 4.3 Зоны влияния опасных производственных факторов

При размещении строительных машин определяются и обозначаются на стройгенплане зоны, в пределах которых постоянно действуют опасные производственные факторы. Размеры этих зон определяются на основании СНиП [23].

											Лист
											113
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР						

К опасным производственным факторам при работе монтажных и грузоподъемных машин относят места над которыми перемещают груз.

Радиус границы этой зоны определяется по формуле:

$$R_0 = R_p + \frac{B_{min}}{2} + B_{max} + P, \text{ где} \quad (4.3.1)$$

$R_p$  – максимальный рабочий вылет стрелы принятого башенного крана, м;

$B_{min}$  – минимальный размер поднимаемого груза, м;

$B_{max}$  – максимальный размер перемещаемого груза, м;

$P$  – величина отлета грузов при падении (приложение Г СНиП [23]).

Таким образом, получаем:

$$R_0 = 35 + \frac{0,4}{2} + 10,22 + 10 = 55,42 \text{ м}$$

Граница опасной зоны вблизи строящего здания определяется по формуле:

$$S = B_{max} + P, \text{ где} \quad (4.3.2)$$

Таким образом, получаем:  $S = 10,22 + 10 = 20,22 \text{ м}$

Рабочая зона крана – площадь, в любую точку которой может опуститься крюк крана. Её граница определяется как огибающая траектория движения крюка крана при максимальном рабочем вылете стрелы.

#### 4.4 Обоснование потребности строительства в кадрах

Потребность в рабочих кадрах определена на основе «Расчетных нормативов для составления проектов организации строительства» и ЕНиР.

Все данные сведены в таблицу.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

114

## Потребность в рабочих кадрах

Категории работников		Соотношение	Кол-во работающих кадров
Общее количество работников		100 %	33
В том числе	Рабочие	80 %	28
	ИТР	10 %	3
	Служащие	3 %	1
	МОП и охрана	1 %	1
Работающие в подсобных хозяйствах и транспорте		20 %	7

#### 4.5 Обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов

Основными материалами, определяющими размеры приобъектных площадок для складирования, являются железобетонные конструкции. Потребная площадь приобъектных складов определяется расчетом на основании нормативных запасов хранения конструкций и материалов, неравномерности их поступления и потребления, нормативов площадей складов, а также продолжительности расчетного периода, принимаемой по календарному плану строительства.

Площадки для складирования материалов размещаются в зоне работы крана и их площадь зависит от размеров строительной площадки, обеспечивая непрерывность технологического процесса. Площадки складирования устанавливаются на ровной поверхности с уклоном не более пяти градусов для водоотвода.

#### 4.5.1 Определение запасов основных строительных материалов

Объем производственного запаса материалов рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{скл}} = \frac{P_{\text{общ}}}{T} \cdot n \cdot l \cdot m, \text{ где} \quad (4.5.1.1)$$

$T$  – продолжительность потребления;

$P_{\text{общ}}$  – общее количество материала, необходимое для выполнения работы в период времени  $T$ ;

$n$  – норматив запаса материала;

$l$  – коэффициент неравномерности поступления материалов и изделий на склады строительства (для материалов, поставляемых автомобильным и железнодорожным транспортом  $l = 1,1$ );

$m$  – коэффициент неравномерности потребления материалов и изделий, принимаемый равным  $m = 1,3$ .

#### 4.5.2 Расчет площадей складов

Площадь склада зависит от вида, способа хранения, количества материала и состава обслуживаемых производств. Для основных материалов и изделий расчет площади склада  $S \text{ м}^2$  производят по формуле:

$$S = P_{\text{скл}} \cdot q, \text{ где} \quad (4.5.2.1)$$

$q$  – норма площади пола склада на единицу складированного ресурса, принятая по расчетным нормативам.



## Расчет складских помещений

№	Наименование конструкции	Продолжительность потребления, дн.	Объем потребления		Запас материала		Площадь склада	
			Ед. изм.	Кол-во	Норм.	Расчет.	На ед. материала	Всего
1	Колонны	17,2	шт	192	5	79,8	1,0	79,8
2	Диафрагмы жесткости	34,6	шт	102	5	21,1	1,0	21,1
3	Ригеля	34,6	шт	699	5	94,4	1,0	94,4
4	Плиты перекрытия	34,5	шт	658	5	87,5	1,0	87,5
5	Газоблоки	28,1	шт	298	5	74,8	2,5	174,0
Общая площадь:								456,8

## 4.6 Определение потребности во временных зданиях

Расчет площадей временных зданий и сооружений выполнен на основании «Расчетных нормативов для составления ПОС», ЕНиР и СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания» [26] исходя из численности работающих, занятых на строительной площадке в наиболее многочисленную смену:

- 70 % максимального числа рабочих, занятых на строительстве – 20 чел;
- 80 % от общего числа ИТР, служащих МОП и охрана – 4 чел.

Определение требуемых площадей зданий санитарно-бытового и административного назначения определяется по формуле:

$$S_{\text{тр.}} = S_{\text{н}} * n, \text{ где} \quad (4.6.1)$$

$S_{\text{н}}$  – нормативный показатель площади;

$n$  – число работающих в наиболее многочисленную смену.

Таблица 4.6.1

## Потребность во временных помещениях

Наименование помещений	Норм. показ. на 1 чел., м <sup>2</sup>	Кол. чел.	Требуем. площадь, м <sup>2</sup>		Обозначение инвентарных зданий	Размеры в м, Площадь в м <sup>2</sup>	Кол. штук
Гардероб (100 % раб.)	0,9	28	25		ТР 16	4,9x2,4x2,3 S=12 м <sup>2</sup>	2
Умывальная (70 % раб. + 80 % ИТР, служ., МОП)	0,05	24	1		ТР 16	6x2,7x3 S=14 м <sup>2</sup>	1
Туалет (70 % раб. + 80 % ИТР, служ., МОП)	0,14	30% ж 7	1	2	WC 5	2,4x1,4x2,5	1
	0,07	70% м 17	1				
Прорабская (80 % ИТР, служ., МОП, охр.)	4,8	4	19		ТР 16	4,9x2,4x2,3 S=12 м <sup>2</sup>	1

## 4.7 Оценка развитости транспортной инфраструктуры

Транспортная инфраструктура района развита. Доставку материально-технических ресурсов осуществлять с Краснопольского проспекта. До начала строительства необходимо выполнить отсыпку временной дороги от существующего проезда до строительной площадки. Изделия заводского изготовления, полуфабрикаты, строительные материалы доставляются на стройплощадку автотранспортом с предприятий строительной индустрии и складироваться в зоне действия монтажных кранов.

#### 4.8 Расчет потребности строительной площадки в воде

Временное водоснабжение на строительной площадке предназначено для обеспечения производственных, хозяйственно-бытовых и противопожарных нужд.

Расходы воды определяется как сумма потребностей по формуле:

$$Q_{\text{тр.}} = Q_{\text{пр.}} + Q_{\text{хоз.}}, \text{ где} \quad (4.8.1)$$

$Q_{\text{пр.}}, Q_{\text{хоз.}}$  – расход воды соответственно на производственные и хозяйственно-бытовые нужды, л/с;

$$Q_{\text{пр.}} = \frac{K_{\text{н}} * q_{\text{н}} * P_{\text{п}} * K_{\text{ч}}}{3600 * t}, \text{ где} \quad (4.8.2)$$

$q_{\text{н}}=500$  л – расход воды на производственного потребителя (поливка бетона, заправка и мытье машин и т.д.);

$P_{\text{п}} = 6$  – число производственных потребителей в наиболее загруженную смену;

$K_{\text{ч}} = 1,5$  – коэффициент часовой неравномерности водопотребления;

$t = 8$  ч. – число часов в смене;

$K_{\text{н}} = 1,2$  – коэффициент на неучтенный расход воды.

Таким образом, получаем:

$$Q_{\text{пр.}} = \frac{1,2 * 500 * 4 * 1,5}{3600 * 8} = 0,12 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{хоз.}} = \frac{q_{\text{х}} * P_{\text{р}} * K_{\text{ч}}}{(3600 * t) + \frac{(q_{\text{д}} * P_{\text{д}})}{(60 * t_1)}}, \text{ где} \quad (4.8.3)$$

$q_{\text{х}}=15$  л. – удельный расход воды на хозяйственные нужды;

$q_{\text{д}}=30$  л. – расход воды на прием душа одного работающего;

$P_{\text{р}} = 20$  чел. – число работающих в наиболее загруженную смену;

$P_{\text{д}} = 0$ ;

$K_{\text{ч}} = 2$  – коэффициент неравномерности потребления;

$t_1 = 45$  мин. – продолжительность приема душа;

$t = 8$  ч. – число учитываемых расходов воды часов в смену.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

119

Таким образом получаем:

$$Q_{\text{хоз}} = \frac{15 * 2092}{(3600 * 8) + \frac{(30 * 0)}{(60 * 0.75)}} = 0.02 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{тр.}} = 0,12 + 0,02 = 0,14 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{пож.}} = 20 \text{ л/с} - \text{расход воды на пожаротушение}$$

Потребность в воде для строительной площадки – 20 л/сек. Показатели не суммируются, т.к. в случае пожара производственная деятельность будет приостановлена.

#### 4.9 Расчет потребности в электроэнергии

Потребности в электроэнергии кВА, определяется на период выполнения максимального объема строительно-монтажных работ на основании МДС 12-46.2008 [27] п. 4.14.3 по формуле:

$$P = L_x * \left( \frac{K_1 * P_M}{\cos E_1} + K_3 * P_{\text{ов}} + K_4 * P_{\text{он}} + K_5 * P_{\text{св}} \right), \text{ где} \quad (4.9.1)$$

$L_x = 1,05$  – коэффициент потери мощности в сети;

$P_M$  – сумма номинальных мощностей работающих электродвигателей;

$P_{\text{ов}}$  – сумма мощностей внутренних осветительных приборов, устройств для электрического обогрева (помещения для рабочих, здания складского назначения);

$P_{\text{он}}$  – то же для наружного освещения объектов и территории;

$P_{\text{св}}$  – то же для сварочных трансформаторов;

$\cos E_1 = 0,7$  – коэффициент потери мощности для силовых потребителей электродвигателей;

$K_1 = 0,5$  – коэффициент одновременности работы электродвигателей;

$K_3 = 0,8$  – то же, для внутреннего освещения;

$K_4 = 0,9$  – то же, для наружного освещения;

$K_5 = 0,6$  – то же, для сварочных трансформаторов.

Потребность в электроэнергии при строительстве жилого дома:

$$P_M = 117,7 \text{ (баш. кран)} + 4 \text{ (компрессор)} + 10 \text{ (битумоварка)} + 4,5 \text{ (установка по перемешиванию раствора)} = 136 \text{ кВт}$$

$$P_{OB} = 4 \text{ (бриг. дом)} * 3 = 12 \text{ кВт}$$

$$P_{OH} = 16 \text{ (кран)} + 5 \text{ (освещ. территории)} = 21 \text{ кВт}$$

$$P_{CB} = 16 \text{ кВт}$$

$$P = 1,05 \left( 0,5 * \frac{136}{0,7} + 0,8 * 12 + 0,9 * 21 + 0,6 * 16 \right) = 142 \text{ кВА}$$

#### 4.10 Предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ

Контроль качества строительства должен осуществляться специализированными службами строительной организации и заказчика в соответствии с имеющимися правилами и инструкциями.

Производственный контроль, выполняемый в ходе строительства, должен включать входной контроль поставляемых конструкций, изделий, материалов, оборудования, пооперационный контроль технологических процессов и приемный контроль законченных строительно-монтажных работ.

При производстве земляных работ необходимо производить контроль с помощью геодезических инструментов соответствия отметок выемок (насыпей) проектным отметкам.

При производстве монтажных работ необходимо контролировать соответствие фактического положения установки монтируемых элементов и оборудования в вертикальном и горизонтальном положении с проектными решениями, а также неукоснительное исполнение требований заводоизготовителей.

При производстве бетонных работ необходимо контролировать правильность установки и размеры опалубки, а также качество арматурных каркасов, сеток и бетонно смеси.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР

Лист

121

При производстве сварочно-монтажных и изоляционных работ помимо предусмотренного нормами пооперационного контроля, должна проводиться проверка условий выгрузки, перевозки, складирования, хранения конструкций, сварочных и изоляционных материалов с целью исключения возможности их повреждения и порчи.

Результаты всех видов контроля необходимо фиксировать в журналах работ. На все скрытые работы должны составляться акты по установленной форме.

Потребность в жилье и объектах социально-бытового обслуживания для строителей не определялась в связи с использованием местной рабочей силы, обеспеченной жильем. Для обеспечения социально-бытового обслуживания работающих на стройплощадке предусмотрен строительный городок из временных мобильных зданий.

В ходе монтажных работ ведут постоянный производственный контроль качества монтажных работ: входной, операционный и приемочный контроль тированных конструкций. В процессе входного контроля устанавливают комплектность и качество сборных элементов, наличие паспортов и сертификатов на металл, правильность выполнения погрузочно-разгрузочных операций и складирования элементов. При осуществлении операционного контроля проверяются соблюдение проекта и нормативных требований к технологии монтажа, выполнение проекта производства работ, качество устройства стыков, особенно в зимнее время.

Выполняя операционный контроль производства монтажных работ, необходимо обращать внимание на соблюдение требований охраны труда. В частности, строго следить за тем, чтобы монтажникам выдавались защитные каски и предохранительные пояса, закрепляемые карабином к страховочному канату или монтажным петлям, чтобы рабочие не находились на конструкциях во время их подъема, а также чтобы поднятые элементы не оставались на весу, а расстроповка конструкций производилась только после их надежного закрепления.

					08.03.01.2019.026. ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		122

При промежуточной сдаче скрытых работ представителями генподрядной, монтажной организаций и заказчика составляются акты. Приемочный контроль смонтированных конструкций осуществляется после завершения всех работ по устройству стыков на сооружении или части его и набора проектной прочности бетоном стыков. Перед сдачей выполняется геодезическая проверка смонтированных конструкций, результаты которой оформляются исполнительной схемой монтажа.

Во время приемки монтажных работ представляются:

- рабочие-чертежи смонтированных конструкций с указанием всех согласованных изменений проекта, паспорта на сборные конструкции;
- сертификаты на металл и сварочные электроды;
- журналы монтажных, сварочных работ, антикоррозионной защиты сварных соединений и заделки стыков;
- акты освидетельствования скрытых работ;
- опись дипломов сварщиков с указанием номеров их личных клейм;
- документация лабораторных анализов и испытаний при сварке и замоноличивании стыков.

#### 4.11 Перечень мероприятий и проектных решений, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда

На строительной площадке необходимо соблюдение всеми работниками установленных правил внутреннего распорядка, относящихся к охране труда в соответствии с требованиями нормативных документов и стандартов по технике безопасности труда.

При монтаже технологических конструкций рабочие-монтажники имеют дело со сложными тяжелыми подъемами, работают на большой высоте, пользуются самыми различными методами монтажных приспособлений, производят работы по соединению монтажных узлов. Поэтому все, вновь

поступившие рабочие должны пройти вводный инструктаж и инструктаж непосредственно на рабочем месте. Для обеспечения безопасности работы на высоте устраивают подмости, временные площадки и люльки. Все работающие на стройплощадке должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью, средствами индивидуальной защиты, санитарно-бытовыми помещениями.

Организация рабочих мест должна обеспечивать безопасность работ.

Строительная площадка должна быть ограждена в соответствии с требованиями ГОСТ 23407-78 [24], у въезда необходимо установить схему движения автотранспорта. При размещении участков работ необходимо устанавливать опасные для людей зоны. В темное время суток рабочие места должны быть освещены.

Складирование материалов и конструкций следует размещать на ровных площадках, исключающих самопроизвольное смещение, осыпание.

Строительные машины, механизмы, оборудование, инвентарь, инструменты должны находиться в исправном состоянии. Движущиеся части машин и механизмов в местах возможного доступа людей должны быть ограждены. Запрещается оставлять работающими машины и механизмы без надзора.

#### 4.11.1 Указания по электробезопасности

Токоведущие части электрических устройств должны иметь надежную изоляцию, которую следует проверять 1 раз в месяц. Неизолированные токоведущие части электрических устройств необходимо ограждать или поднимать на высоту, предотвращающую прикосновения к ним.

Металлические части машин и механизмов с электроприводами должны быть заземлены. Временное электроснабжение строительной площадки выполнять согласно ГОСТ 12.1.013-78 [28].



#### 4.11.2 Противопожарные мероприятия

Предотвращение распространения пожара на проектируемом объекте обеспечивается комплексом мероприятий:

- Конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещениям, а так же между зданиями за счет применения противопожарных разрывов;
- Ограничение пожарной опасности строительных материалов;
- Наличие первичных средств пожаротушения;
- Применение автоматических установок пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- Проектирование системы внешнего и внутреннего противопожарного водоснабжения;
- Устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н1 входом в лестничную клетку с этажа через лифтовой холл.

Наружный противопожарный водопровод, объединенный с хозяйственно-питьевым снабжен пожарными гидрантами-точками доступа пожарных подразделений к источнику воды.

При организации строительной площадки и производства строительномонтажных работ должны выполняться следующие мероприятия:

- Выполнены в соответствии со стройгенпланом подъезды, проходы к строящимся и временным зданиям. Ворота для въезда должны быть шириной не менее 4 м;
- Устройство кругового проезда шириной 6 м для пожарных машин;
- Освещены в ночное время дороги и проезды на стройплощадке;
- Обеспечены свободные подъезды к пожарным гидрантам. Внутренний противопожарный водопровод, предусмотренный проектом, необходимо монтировать одновременно с возведением объекта. Противопожарный водопровод должен вводиться в действие к началу

- отделочных работ, а автоматические системы пожарной сигнализации – к моменту пусконаладочных работ;
- Монтаж электрохозяйства стройплощадки, в том числе временного силового и осветительного оборудования производить в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок»;
  - Строительная площадка должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения: песком, водными растворами, огнетушителями и противопожарным инвентарем в соответствии с прил. 5 «Правил пожарной безопасности строительного-монтажных работ»;
  - Складирование сгораемых материалов не предусматривается. Завоз горючих материалов осуществляется по графику потребности в пределах суточной нормы;
  - Строительная площадка должна быть обеспечена телефонной связью с возможностью доступа к телефону в любое время суток;
  - Временные помещения-вагончики должны располагаться от других зданий и сооружений на расстоянии не менее 15 м. или у противопожарных стен. Временные здания и сооружения должны быть оборудованы автоматической пожарной сигнализацией;
  - Предусмотренные проектом наружные пожарные лестницы и ограждения на крышах строящихся зданий должны устанавливаться сразу же после монтажа несущих конструкций;
  - Производство работ внутри зданий и сооружений с применением горючих веществ и материалов одновременно с другими строительными-монтажными работами, связанными с применением открытого огня, не допускается.

#### 4.12 Описание проектных решений и мероприятия по охране окружающей среды в период строительства

Мероприятия по охране окружающей среды в процессе выполняются в соответствии с законами Российской Федерации о недрах, земле, об охране животного мира, атмосферного воздуха. До начала строительства рабочие и ИТР должны пройти инструктаж по соблюдению требований охраны окружающей среды при выполнении строительного-монтажных работ. При оборудовании строительной площадки предусмотреть специальные зоны для технологического оборудования, мойки машин и механизмов. Расположение зон должно исключать попадание сточных вод, топлива, масла в растительность, культурный слой почвы.

После окончания строительства производится:

- Удаление с площадки строительства всех временных зданий и сооружений;
- Засыпка, послойная трамбовка и выравнивание рытвин, ям, возникающих в результате проведения строительного-монтажных работ;
- Уборка строительного мусора.

Отходы (битый кирпич, прочие строительные материалы, огарки сварочных электродов, жестяные банки из-под краски, бытовые отходы) необходимо собирать в металлический контейнер и по мере его заполнения вывозить в места, согласованные с органами санэпидемстанции.

#### 4.13 Описание проектных решений и мероприятий по охране объектов в период строительства

Для охраны объектов в период строительства необходимо установить временное помещение для охраны и обеспечить круглосуточную охрану объекта. Территория должна быть огорожена, ворота должны быть иметь надежные запоры, у ворот выставлены информационные щиты. Площадка должна быть обеспечена связью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. – М.: Стандартинформ, 2017.
2. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – М.: Стандартинформ, 2017.
3. Федеральный закон № 123 от 22.07.08 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. ГОСТ Р 54257-2011/ISO/TS 22745-10:2010. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 10. Представление словаря. – М.: Стандартинформ, 2012.
5. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007.
6. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*. – М.: Стандартинформ, 2017.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012.
8. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. Госстрой России. – М.: 2016.
9. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: 2012.
10. СП 52–102–2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. М.: 2005.
11. СП 52–101–2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения. – М.: 2005.

12. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52–102–2004). – М.: 2005.
13. Мусихин, В.А. Расчет и конструирование железобетонной пустотной панели сборного перекрытия: учебное пособие / В.А. Мусихин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 70 с.
14. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций (к СНиП 2.03.01-84). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – ч. 1,2.
15. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.
16. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.1-87. – М.: 2013.
17. СП 12-135-2003. Безопасность труда в строительстве. Отраслевые типовые инструкции по охране труда. – М.: Госстрой России, 2003.
18. ГОСТ 25129-82\*. Грунтовка ГФ-021. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2006.
19. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. – М.: Стандартиформ, 2018.
20. ГОСТ 13015-2003. Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
21. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2018.
22. СП 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.0.03-85. – М.: Стандартиформ, 2017.
23. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. – М.: Госстрой России, 2003.

- 24.ГОСТ 23407-78. Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства строительного-монтажных работ. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
- 25.СП 45.13330. 2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. – М.: Минрегион России, 2017.
- 26.СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87. – М.: 2011.
- 27.МДС 12-46.2008. Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства ,проекта организации работ по сносу (демонтажу) , проекта производства работ. – М.: 2009.
- 28.ГОСТ 12.1.013-78. Система стандартов безопасности труда. Строительство. Электробезопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.