

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)
Архитектурно-строительный институт
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Рецензент:

Заведующий кафедрой:

_____ Г.А. Пикус

«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе бакалавра на тему:

Спортивный комплекс в г.Нарьян-Маре.

ЮУрГУ 08.03.01 «Строительство». АСИ-533. ПЗ ВКР

Консультант раздела Архитектура:

Руководитель: Доцент.

_____ Кравченко Т.А

_____ Мозгалёв К.М.

«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019 г.

Консультант Расчетно-конструктивного
раздела:

Проверка по системе антиплагиат: ____%

_____ Ивашенко Ю.А.

_____ Мозгалёв К.М.

«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019г.

Консультант раздела Технологии
строительного производства:

Нормоконтролер:

_____ Мозгалёв К.М.

_____ Мозгалёв К.М.

«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019 г.

Консультант раздела Организации
строительного производства

Автор ВКР:

_____ Мозгалёв К.М.

_____ Сейтказиев Т.М.

«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019 г.

г. Челябинск - 2019

*Сейтказиев Т.М. Спортивный комплекс в г.Нарьян-Маре – Челябинск: ЮУрГУ, АСИ-533, 2019, 85 с. Библиографический список 19 наименования;
7 чертежей ф. А1.*

Разработан проект строительства Спортивного комплекса в г. Нарьян-Маре. Отражены вопросы назначения здания, условия его эксплуатации и климатические условия. Произведено описание рассмотренных вариантов несущей конструкции с их технико-экономическими показателями, обоснование выбранного варианта. Описана технология производства работ. Разработан проект технологии и организации строительства.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Зав.кафедрой	Пикус				Спортивный комплекс в г.Нарьян-Маре	Стадия	Лист	Листов
Руководитель	Мозгалёв					ВКР		92
Н. Контр.	Мозгалёв					ЮУрГУ кафедра «СПиТС»		
Консулт.	Мозгалёв							
Разработал	Сейтказиев							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1. Характеристика природно-климатических условий.....	9
1.2. Существующая градостроительная ситуация.....	10
1.3. Организация рельефа.....	11
1.4. Гидрогеологические условия площадки строительства.....	11
1.5. Использование местных материалов.....	14
1.6. Архитектурно-планировочные решения.....	14
1.7. Техничко-экономические данные строительства.....	14
1.8. Конструктивные решения.....	15
1.9. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций.....	21
2.РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ.....	24
2.1. Выбор основного варианта.....	25
2.2. Расчет монолитной оболочки положительной кривизны.....	27
2.2.1. Расчетная схема.....	27
2.2.2. Сбор нагрузок.....	29
2.2.3. Расчет пологой оболочки по безмоментной теории.....	35
2.2.4. Расчет контурных элементов.....	38
2.2.5. Конструирование оболочки и контурных элементов.....	42
2.2.6. Расчет и конструирование узлов ферм.....	43
2.2.7. Расчет упоров и закладных деталей.....	47
3. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	52
3.1.Технологическая карта на монтаж оболочки положительной кривизны размером 24×36м...53	
3.1.1. Область применения.....	53
3.1.2. Организация и технология строительного процесса.....	53
3.1.3. Контроль качества и приемка работ.....	59
3.1.4. Техника безопасности.....	65
3.1.5. График производства работ.....	66
3.1.6. Материально-технические ресурсы.....	67
3.1.7. Техничко-экономические показатели.....	67

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.2. Организация строительства.....	68
3.2.1. Производственный анализ объекта.....	68
3.2.2. Условия строительства.....	69
3.2.3. Выбор строительных машин и механизмов.....	69
3.2.4. Определение нормативной продолжительности строительства.....	71
3.2.5. Разработка календарного плана производства работ.....	72
3.2.6. Проектирование строительного генерального плана.....	77
3.2.7. ТЭП стройгенплана.....	89
4.ПРОТИВОПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	89
5.МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	92

Введение

На протяжении веков при постройке зданий и сооружений люди строили большие структурные компоненты, которые работали на сжатие. Для перекрытия строений, как правило, общественного назначения использовались своды либо купола тоже громоздкой конструкции из кремня, кирпича либо бетона — материалов, способных принимать в основном сжимающие усилия. С возникновением в первом периоде XX в. железобетона, который мог принять любые фигуры и хорошо работал как на изгиб и сжатие так и на растяжение, начали формировать такие строительные конструкции, в которых применялись свойства новейшего материала, в дополнение на эти свойства можно повлиять.

Таковыми конструкциями были оболочки. А сводчатые конструкции принимали обычно сжимающие усилия, в оболочках под воздействием нагрузки появлялось сложное напряженно-деформированное состояние. В. Хенн в 1930 г. обрисовал оболочки в виде пространственных несущих конструкций, обладающие различиями пространственной работой и состоящие из поверхностей одинарной или двойственной кривизны. Ф. Дишингер в 1940-х годах в установлении оболочек покрытий зданий воспринимал во внимание уже как единственный из критериев представление толщины. В соответствии с его установлением под оболочкой подразумевается структура, форма которую подразумевает собой плоскость одинарной или двойственной кривизны, а толщина крайне невелика по сравнению с габаритами самой плоскости. Ф. Ангерер замечал, в таком случае то что основное отличие оболочек от сводов состоит в том, что в них возникают и растягивающие, и сжимающие усилия. Интенсивное формирование ж/б оболочек в 30—50-х годах XX века повергло к тому, что определения «пространственные конструкции», «пространственная работа» соединялись, в первую очередь, с оболочками.

Быстрое развитие науки и технической оснащенности, является отличительной чертой для нашего времени, отчетливо заметно рост совершенно во всех сферах производственной мощи, и в задачах строительства общественных зданий различных направлений.

Для многих архитекторов и инженеров, занимающихся проектированием объектов гражданского строительства, очевидно то что в настоящий период нельзя строить современное большепролетное сооружение, совсем не применяя пространственных конструкций, сочетающих в себя строительную эффектность и многофункциональную целесообразность с конструктивно-учено-технологическим рационализмом и технико-финансовой эффективностью.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зал – главное композиционное основа многих социальных зданий. Покрытия зальных комнат разделяются на покрытия маленьких (небольших) пролетов 6—18 м, покрытия средних пролетов 24—60 м, покрытия крупных пролетов 60—100 м, покрытия больших пролетов—100 м и более.

Покрытия зала пролетами вплоть до 18 м, обычно, исполняются в плоскостных конструкциях. Средние пролеты — более массовый тип покрытия, где используются пространственные конструкции. В постройках со средними пролетами необходим детальный подход к выбору конструктивной схемы покрытия, потому что здание может быть перекрыто и плоскостной конструкцией. В сооружениях с крупными пролетами используются преимущественно пространственные конструкции и существенно реже — плоские типа арок, рам, металлических ферм.

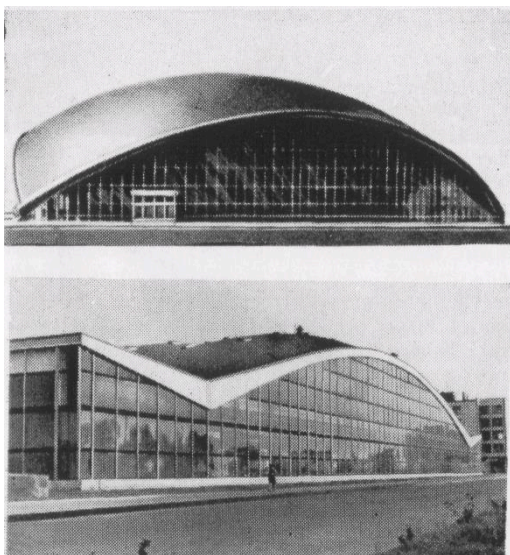


Рисунок 1. Автогараж в Санкт – Петербурге (бочарный свод пролетом 100м)

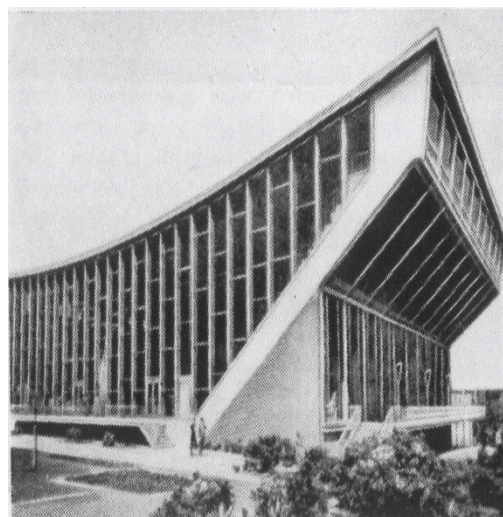


Рисунок 2 Навесная оболочка над ваннами и трибунами бассейна в Вуппертале (ФРГ)

В пространственно-пластическом розыске выразительной фигуры подобных зданий пространственные конструкции в отличие от плоскостных имеют наиболее обширными архитектурными способностями.

Наиболее популярны следующие объёмно-планировочные и конструктивные решения общественных строений с оболочками.

Очень популярны стали оболочки положительной гауссовой кривизны для строительства базаров в Москве. Спектр пролетов и конфигураций проектов крайне многообразен— от покрытия размером 36 метров на 120 метров до купольно-складчатых оболочек пролетом 72 метров.

Для торговых центров оболочки дают возможность получить крупные функциональные торговые залы с эластичной распланировкой торгового оснащения. При этом данное правило используется как для больших универмагов с габаритами (30 на 30 м и наиболее) так и для обычных торговых залов.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Перспективно использование оболочек положительной кривизны для строений общественно-бытового направления.

Здания со сценами тоже могут проектироваться из покрытий в виде оболочек. К образцу, постройки театров, кинотеатров, различных лекционных с пролетами (от 24 метров до 36 метров) целесообразно закрывать оболочками положительной кривизны или составными оболочками. Отличительная черта данных строений заключается в значительных требованиях к акустике, согласно данному обстоятельству необходима увязка геометрии покрытия с критериями акустики, либо установка акустических потолков.

Одно из наиболее красивых в архитектурном понимании решений - это оболочки положительной кривизны.

Также допустимо в покрытии устройство световых просветов, основным способом в центральной области. Системы могут строиться не только в сборно-монолитном, но и в монолитном виде.

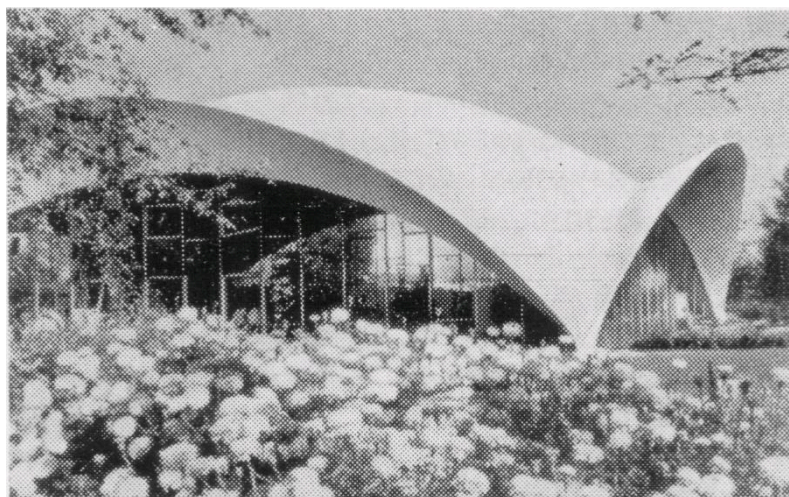


Рисунок 3 Цветочный павильон в Париже

Большая часть оболочек двойственной кривизны, созданных за рубежом, производится в монолитном железобетоне. Бетонировка индивидуальных зданий, строящихся на трудных планах и собственным видом характеризующих решение того либо другого участка застройки, стоит экономичнее, нежели осуществление его в сборном варианте. Подобные сооружения, как аэродром им. Кеннеди в Нью-Йорке, драмтеатр в Сиднее, цветочный павильон в Париже, — прекрасные архитектурные творения, в них пространственная конструкция оболочки предназначается как главная доминанта целой композиции.

У нас в России обширное применение нашли сборно-монолитные оболочки вращения в квадратном (прямоугольном) проекте. Оболочками, созданными в ГПИ № 1, закрыто больше 500 тыс. кв. м площади в разных населенных пунктах государства и за границей.

В Челябинске возведено сооружение торгового центра, представляющее собою сборно-монолитную оболочку положительной кривизны величиной 102 на 102 м. Её высота в середине составляет 20,4 м. Оболочка очерчена по плоскости переноса, что позволило предельно стандартизировать геометрические размеры монтажных элементов.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Поверхность состоит из криволинейных ромбовидных четырехугольников размером 12 на 12 метров. В четырехугольники вписываются цилиндрические плиты.

Основная область собиралась с цилиндрических ребристых предварительно-напряженных плит величиной 3 на 12 м, угловые области — с трапециевидных, треугольных и прямоугольных плит 4-х типоразмеров. Стабильность оболочки гарантируется системой предварительно-напряженных балок жесткости, образующих сетку (12 на 12 м). Контур оболочки предполагает собою преднапряженный полигональный пояс, собираемый с сборных компонентов.

В Киеве смонтирована оболочка с размерами в проекте (36на36 м) из плит (3 на 3м).

Оболочки двойной кривизны могут использоваться и в качестве архитектурно-конструктивного элемента, не только покрытием, но формирующей образ города. В Сочи над торговым центром возведена железобетонная консоль в виде оболочки, покоящейся на 2-ух опорах. Она применяется в качестве эксплуатируемой кровли и осуществляет композиционно-архитектурные функции.



Рисунок 4 Торговый центр в Челябинске 102×102м

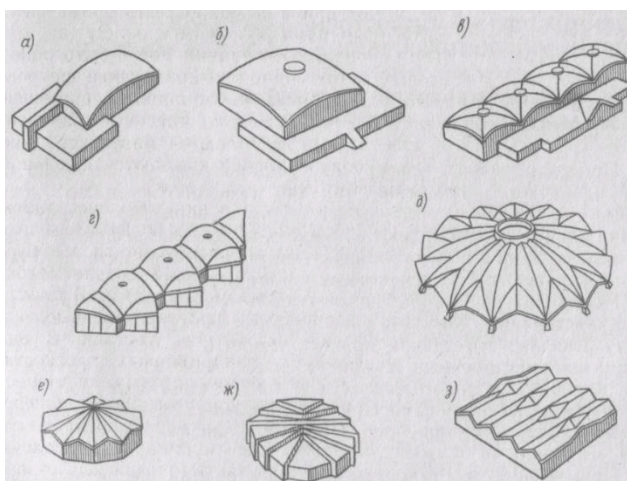


Рисунок 5. Примеры компонок общественных зданий с пространственными конструкциями

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1.АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1.1 Характеристика природно-климатических условий.

Спортивный комплекс предназначен для физической подготовки спортсменов, подростков и взрослых людей в г. Нарьян–Мар и для проведения различных спортивных состязаний вместимость комплекса 1500 чел, согласно [4] Норма расчета стоянок для спортивных объектов вместимостью более 500 чел, расчетная единица 100 мест, число машиномест на расчетную единицу 3-5. Вместимость парковки проектируемого здания-80 машиномест.

По огнестойкости здание принадлежит к ШБ уровню. Воздушная циркуляция в местах где находятся спортсмены не должна быть выше 0,3м/с.

Необходимая относительная влажность воздуха 30—60% в спорт зале.

Удаление воздуха из спортивного зала выполняется с помощью вытяжных систем. Расчетная t воздуха в спорт зале и кратность воздухообмена обязана соответствовать сведениям табл.1.

Таблица 1

Помещение	Расчетная температура воздуха, °С	Кратность обмена воздуха в 1 ч	
		приток	вытяжка
Спортивный зал	15	не менее 80 м ³ /ч на 1 занимающегося	

Спорт корпус с залом (18 на 36м) находится в г. Нарьян-Мар. До начала строительства на площадке производятся работы подготовительного этапа. Выполняется техническая подготовка местности способом сухой подсыпки до отметки 6,900, устройство временных дорог, установка временных построек и инженерные сети.

План сделан с целью условий с расчетной зимней t наружного воздуха типичною в более прохладной 5-дневки (-37 °С). Также предусматривается масса покрова снегового $S_0 = 1,5кПа$ IV района Российской территории и скорость ветра $\omega_0 = 0,3кПа$ (II район территор. России). Грунт зоны стройки согласно сведениям инженерно-геологических исследований презентованы разрезами геологическими (см. п.п. 2.5). Глубина промерзания грунтов 2,4м (расчетная)

1.2 Существующая градостроительная ситуация.

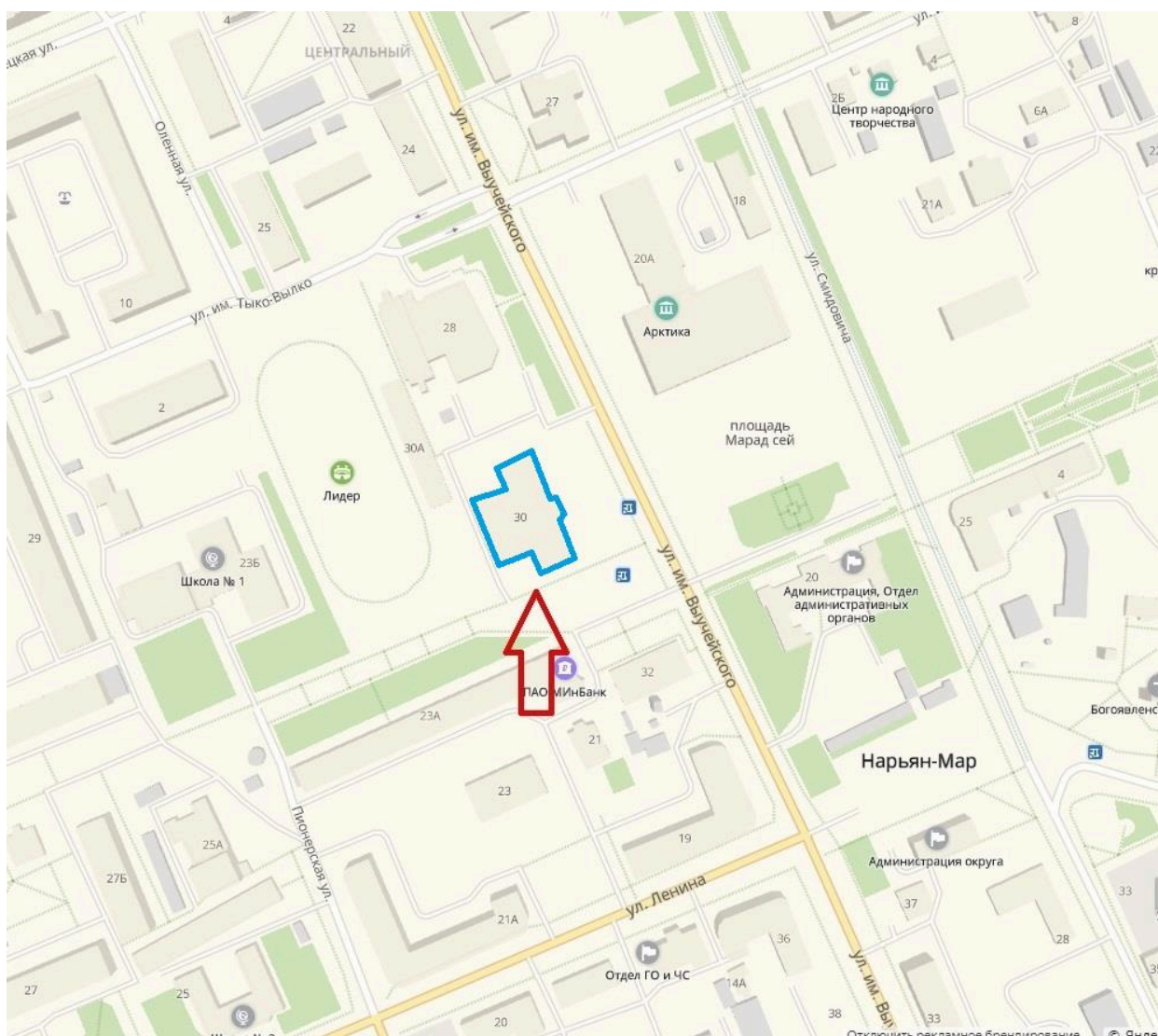


Рис.6.Ситуационный план.

Генплан зоны строительства показан в графической части на 2 листе.

Участок строительства расположен по ул.Выучейского. С *запада* проектируемое здание граничит со спортивным стадионом, с *севера* граничит с плавательным бассейном, с *юга* расположено здание «Ростелеком», с *востока* проходит улица Выучейского.

Лицевой фасад ориентирован на *северо-восток*.

В качестве дороги для подвоза конструкций и материалов к сооружению рекомендовано применять имеющуюся по ул.Выучейского дорогу с частичным перекрытием автомобильного движения на ней установкой временного ограждения на месте строительства.

Отвод поверхностных вод запроектирован согласно лоткам проезжей части с установкой дождь приемочных колодцев с последующим выпуском в ливневую канализацию.

Комплекс работ по благоустройству участка учитывает:

- устройство проездов

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- устройство тротуаров
- устройство различных площадок
- устройство растительности

Конструкции дорожной сети установлены:

- проездов – асфальтобетонное;
- тротуаров – из песочного асфальта;
- дорожек – из бетонированной плитки;
- площадок – щебеночное.

Благоустройство местности учитывает формирование озеленения, установка скамеек для более удобных условий для жителей и решены подъездные пути, пешеходные дорожки.

Вся свободная от застройки местность озеленяется посредством устройства газонов, высадки деревьев и кустарников. Деятельность по озеленению должны производиться только лишь уже после завершения постройки спортивного комплекса.

1.3 Организация рельефа.

Рельеф зоны строительства обычный, равномерный. Абсолютные отметки поверхности в Балтийской системе высот 1977 г. с 2,0 вплоть до 2,6м.

Разность высот в границах всей строй площадки составляет 0,1...0,3м.

1.4 Гидрогеологические условия площадки строительства.

Инженерно-геологические исследования сделаны трестом ЛЕНТИСИЗ в 1981-1982г. Модель местоположения бурильных скважин показана на рис. 7.

В геолого–литологическом строении площадки на глубину с 8 метров до 10метров состоят из (снизу вверх): аллювиальные отложения, болотные образования, техногенные образования. Без исключения распространение они имеют повсеместное.

Образования техногенные – тр IV: насыпанный грунт (мелкий песок, желтоватый, гравийный грунт).

Образования болотные – IV р: темновато-каштановый торф, разложившийся плохо.

Отложения аллювиальные – IV а: суглинок заторфованный, мелкий песок сероватый, желтоватый, серо-желтоватый.

В период производства работ грунтовые воды встречены в отложениях аллювиальных на отметках 1,1-1,3 метра в система высот Балтийская 1977 г.

Грунтовые воды в соответствии с СНиП 2.03.11-85 г. обладают высокой коррозионной активностью к алюминиевым и свинцовым кабельным оболочкам и средне-агрессивны к бетону плотности нормальной.

Также грунты обладают низкой степенью коррозионной активности к стали углеродистой .

Физические и механические качества грунтов презентованы в таблице 2-2. Они обнаружены в основании множественных определений непосредственно в обследованной площадке и в соседних площадках (использованные материалы исследований предыдущих лет), а кроме того с опыта постройки в городе Нарьян-Маре.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

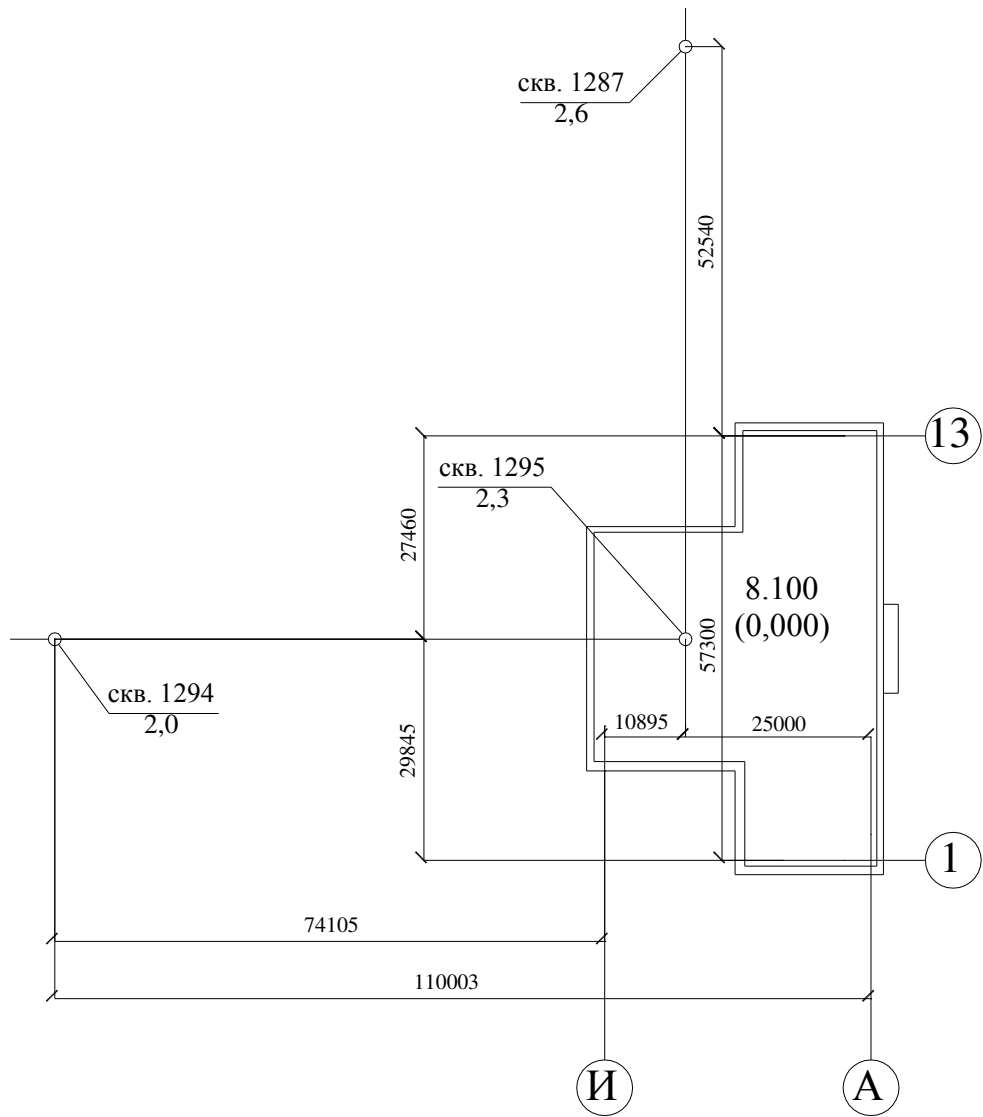


Рисунок 7. Схема расположения скважин.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Таблица 2. Физико-механические свойства грунтов

№ ИГЭ	№ ИГЭ	ρ, г/см ³	ρ _s , г/см ³	W	Сцепление, С _п	Угол внутреннего трения φ	Е, мПа	Пределы пластичности		e	S _r	I _L	I _p
								W _L	W _p				
1	Торф темно-коричневый слаборазложившийся	1	1,47	8,5	6	16	0,7	-	-	13,9	0,96	-	-
2	Песч желтый (грунт насыпной)	2	2,67	0,56	-	30	37	-	-	0,87	0,5	-	-
3	Темно-серая заторфованная глина	1,95	2,74	0,28	26	20	25	0,7	0,19	0,8	0,96	0,18	0,51
4	Серовато-желтый мелкий песок	2,3	2,68	0,78	-	32	60	-	-	0,68	0,93	-	-

1.5 Использование местных материалов.

Из местных строй материалов на территории строительства имеются только лишь песок (с целью инженерной подготовки местности и других целей) и изготовленные растворы цемента и бетона. Остальные использованные материалы привозные, то что обуславливается географическим расположением города Нарьян-Мара и удаленностью от материально-технического оснащения.

1.6 Архитектурно-планировочные решения

Размеры здания в плане 60,6*37,6 метров, а высота здания 14,6 метров.

Композиция строится на совокупность объемов не маленьких плоскостей, разных очертаний и малого остекления, компактное здание. Основной фасада состоит из украшающих компонентов из дерева с различными рельефами на спортивную тему. Вход разрешен в центре, холл внутренней открытой лестницей сопряжен с фойе для зрителей на 2-ом этаже, откуда организуется доступ на трибуны. Вход акцентирован витражом, сияние которого в обстоятельствах полярной ночи должно быть своего рода "ориентиром места".

Здание спорт корпуса имеет в собственном составе тир для стрельбы на дистанцию 50 метров с мелкокалиберного и пневматического орудия, зал для спорт игр величиной 18*36 метров и совокупность комнат обслуживающего и дополнительного назначения. Здание запроектировано в каркасно-панельных конструкциях с применением пространственной оболочки положительной гауссовской кривизны и частично с кирпича. Здание имеет 2 этажа, подполье и технический этаж.

Для занимающихся и обслуживающего персонала в первом этаже учтена столовая на 16 посадочных мест. На 1-ом этаже располагаются офисы администрации, вестибюль с гардеробом, кассовый холл, технические комнаты. В остальном, 1-ый этаж отдан спортсменам: тут расположены 4 раздевалки с умывальными и туалетами, 2 из которых имеют массажные, камеры сухого жара и купели. Здесь же, на 1-ом этаже, расположены зал для персональной силовой подготовки и класс - методический офис. Все без исключения раздевалки имеют прямой вход в спорт зал. На 2-ом этаже, помимо комнат для зрителей и обслуживающего персонала, расположен комплекс комнат для тира. Комплекс комнат для тира выполнен обособленно, отталкиваясь из суждений предоставления наибольшей безопасности. Вход в тир решен из фойе, при входе учтено помещение и место для охраны. Боковая эвакуационная лестничная клетка имеет прямой выход наружу и отсечена от помещений 1-го этажа. В здании учтены 3 лестницы. 2 из них закрытые, имеют выходы на техэтаж и на крышу. Открытая лестница объединяет вестибюль с фойе для зрителей и помещениями 2-го этажа. Здание обеспечивается абсолютно всеми типами инженерного оснащения.

1.7 Техничко–экономические данные строительства.

Строительный объем – 16617,0м³.

Площадь застройки – 1950,5м².

Площадь озеленения - 1607,5м²

Общая площадь – 3755,0м².

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.8 Конструктивные решения.

Конструктивная схема здания - полный каркас, устойчивость здания и пространственная жесткость обеспечивается жесткими дисками перекрытий связанных общей работой диафрагм. Согласно связевой схеме каркас запроектирован с шарнирным соединением ригелей с колоннами.

Здание запроектировано частично из кирпича но в основном из железобетонных конструкций.

Ростверки – железобетонные монолитные с монолитными и сборными стаканами под колонны.

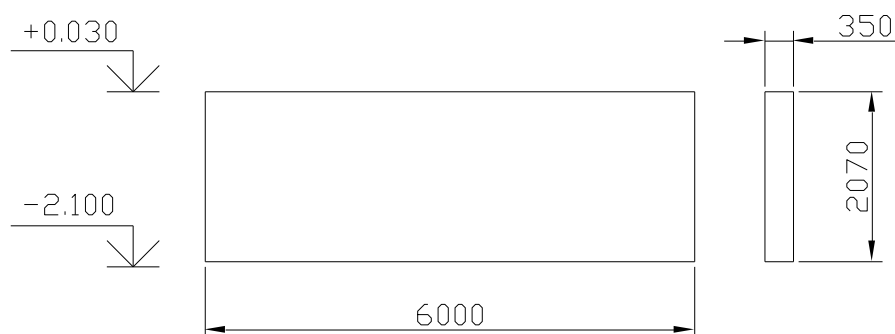


Рисунок 8. Панель цокольная.

Фундаменты - длиной 9 метров и сечением 300*300мм, железобетонные сваи и с предварительно-напряженной арматурой ТУ 65.185-82. Ростверк заделывается на сваи.

Колонны – железобетонные сборные 3-х видов: для основного каркаса здания[1], для зала с закладными элементами согласно комплекту У-216 ИЗИ, фахверковые колонны[2]. Колонна каркаса основная сечением 300*300 мм и общей длиной 11,87 м . Колонны под оболочку имеют единое сечение 400*400 мм и длину 9,3 метров. Фахверковые колонны сечением 300*300 миллиметров.

Стены техподполья - железобетонные панели цокольные, высотой 2070 мм, толщиной 350 мм и длиной 6 метров[3] и из блоков бетонированных в зале.

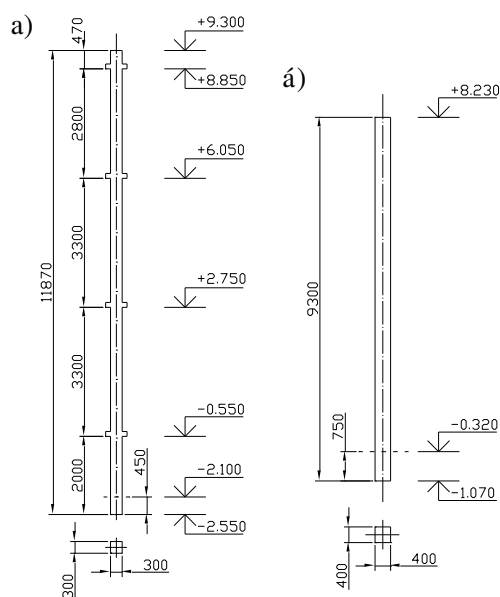


Рисунок 9. а) Колонна каркаса основная, б) колонна под оболочку несущая

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Стыки заделывают, компоненты каркаса соединяют.

Стыки колонн с фундаментами установлены жесткими. Углубленность в стакан фундамента заделки колонны более, или = 1,5 сечения размера колонны.

- для колонны главной каркаса и для колонны под оболочку.

Между колонной и стенами стакана зазоры принимаем :

- внизу – 0.05 метров;
- сверху – 0.075 метров.

Ригели - железобетонные сборные [9]. Установлено шарнирное соединение ригеля с колонной. Стык - с подрезкой торца ригеля скрытый в консолях (см. рис. №9).

Наружные стены - толщиной 400мм самонесущие трехслойные железобетонные панели и несущие толщиной 640 миллиметров с кирпича глиняного.

Конструкция панельной стены:

- плотностью внутренней штукатурки 1800 кг/м^3 состоит из цементно-песчаного раствора, коэффициент теплопроводности $0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; толщина $0,02$ метров,
- плотность панели из железобетона = 2500 кг/м^3 наружный и внутренний слой, толщиной $0,08$ м и $0,12$ м, коэффициент теплопроводности $2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, соединенные анкерами стальными с коэффициентом теплопроводности $58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ и диаметром $0,004$ м;
- утеплитель находится между слоями панельной стены – плиты из пенопласта толщиной $0,19$ м, плотностью 40 кг/м^3 , коэффициент теплопроводности $0,06 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Конструкция кирпичной стены:

- штукатурка внутренняя плотностью 1800 кг/м^3 , из цементно-песчаного раствора, коэффициент теплопроводности $0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, толщина $0,02$ м,;
- наружный и внутренний слой кладки из обыкновенного глиняного кирпича на цементном растворе толщиной $0,25$ м и $0,12$ м, плотностью 1800 кг/м^3 , коэффициент теплопроводности $0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, соединенные анкерами стальными с коэффициентом теплопроводности $58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$; диаметром $0,004$ м
- утеплитель находится между слоями панельной стены – плиты из пенопласта толщиной $0,19$ м, плотность 40 кг/м^3 , коэффициент теплопроводности $0,06 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Теплотехнический расчет наружных стен приведен в п.п. 3.3.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Стены производятся из керамического утолщенного кирпича. Согласно оси 4 и 10 в техническом этаже стены толщиной 510 мм и стены радиоузла толщиной 120 мм.

Внутренние стены - выполнены из силикатного кирпича СУР 100/1650/15, толщиной 120мм

Перегородки толщиной 80мм гипсокартонные. Соединение перегородок между собой осуществлять при помощи саморезов вкручиваемых в каркас металлического профиля. Соединение перегородок с плитами перекрытий осуществляется с помощью закрепления в просверленные гнезда или при помощи анкерных болтов, пропускаемых через просверленные отверстия плит перекрытия или в швы между плитами.

Крепление перегородок кирпичным стенам осуществлено при помощи ершей, забиваемых в антисептические деревянные пробки (допускается забивка ершей в швы кирпичной кладки).

Диафрагмы – запроектированы в симметричной двусторонней полкой и с односторонней полкой, сплошные и с проемами. Отпускная прочность бетона должна быть не ниже 70% проектной марки. Габариты- L-2980*В-140*Н-3570, L-3160*В-140*Н-1970, , L-1480*В-140*Н-4170, Класс бетона – В25.

Лестницы - лестничные марши сборные железобетонные, марши запроектированы из условия изготовления их в кассетных формах. Марши рассчитаны на расчетную временную нагрузку без учета собственной массы (при коэффициенте надежности по нагрузке $\gamma_n=1,2$ и коэффициенте надежности по назначению $\gamma_n=1,0$) 4,7 кПа. Марши запроектированы по 3 категории требований предъявляемых к трещиностойкости конструкции. Марши, площадки и накладные проступи изготавливают из тяжелого бетона проектной марки 200. Для армирования лестничных маршей и площадок принята стержневая арматурная сталь класса А-III и арматурная проволока класса Вр-I. Сварку арматурных изделий выполнять контактной точечной сваркой с нормируемой прочностью крестообразных соединений.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Площадки - запроектированы из условия изготовления их в кассетных формах. Предел огнестойкости площадок 1-час. Группа возгораемости – негоряемые.

Лестница № I (в
вестибюле)
отдельная.
индивидуальная.

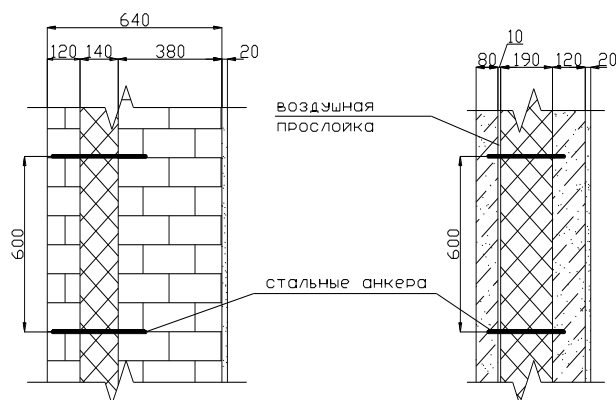


Рисунок 10. Конструкция наружной кирпичной и панельной стены

Перекрытия и покрытие - Плиты железобетонные ребристые предварительно напряженные размерами 6х3 м для покрытий зданий. Плиты перекрытия и покрытия рассчитаны как шарнирно-опертые балки двутаврового сечения 3-ей категории трещиностойкости. Изготавливаются из тяжелого бетона и бетона на пористых крупных заполнителях. Марка прочности на сжатие – 300. В качестве предварительно напрягаемой арматуры принята: сталь стержневая класса Ат-IVС.

Конструкция цокольного перекрытия:

- железобетонная многпустотная плита перекрытия плотностью 2500 кг/м³, толщиной 0,22 м, коэффициент теплопроводности 2,04 Вт/(м·°С);
- гидроизоляция – 1слой рубероида на битумной мастике плотностью 600 кг/м³, толщиной 0,005 м, коэффициент теплопроводности 0,17 Вт/(м·°С);
- утеплитель – пенополиуретан плотностью 40 кг/м³, толщиной 0,15 м, коэффициент теплопроводности 0,04 Вт/(м·°С);
- выравнивающий слой – цементно-песчаная стяжка плотностью 1800 кг/м³, толщиной 0,02 м, коэффициент теплопроводности 0,93 Вт/(м·°С);
- линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове плотностью 1800 кг/м³, толщиной 0,01 м, коэффициент теплопроводности 0,35 Вт/(м·°С); (в санузлах, душевых, помещениях с погружными бассейнами вместо линолеума предусмотрено покрытие из керамической плитки).

Конструкция междуэтажного перекрытия:

- подвесной потолок;
- железобетонная многпустотная плита перекрытия плотностью 2500 кг/м³, толщиной 0,22 м, коэффициент теплопроводности 2,04 Вт/(м·°С);
- выравнивающий слой – цементно-песчаная стяжка плотностью 1800 кг/м³, толщиной 0,02 м, коэффициент теплопроводности 0,93 Вт/(м·°С);

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

- линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове плотностью 1800 кг/м³, толщиной 0,01 м, коэффициент теплопроводности 0,35 Вт/(м·°С)

Конструкция чердачного перекрытия (технического этажа):

- железобетонная многпустотная плита перекрытия плотностью 2500 кг/м³, толщиной 0,22 м, коэффициент теплопроводности 2,04 Вт/(м·°С);
- гидроизоляция – 1слой рубероида на битумной мастике плотностью 600 кг/м³, толщиной 0,005 м, коэффициент теплопроводности 0,17 Вт/(м·°С);
- утеплитель – пенополиуретан плотностью 40 кг/м³, толщиной 0,15 м, коэффициент теплопроводности 0,04 Вт/(м·°С);
- выравнивающий слой – цементно-песчаная стяжка плотностью 1800 кг/м³, толщиной 0,02 м, коэффициент теплопроводности 0,93 Вт/(м·°С);

Конструкция покрытия над спортивным залом:

- железобетонная оболочка плотностью 2500 кг/м³, толщиной 0,1 м, коэффициент теплопроводности 2,04 Вт/(м·°С);
- гидроизоляция – 1слой рубероида на битумной мастике плотностью 600 кг/м³, толщиной 0,005 м, коэффициент теплопроводности 0,17 Вт/(м·°С);
- утеплитель – пенополиуретан плотностью 40 кг/м³, толщиной 0,16 м, коэффициент теплопроводности 0,04 Вт/(м·°С);
- выравнивающий слой – цементно-песчаная стяжка плотностью 1800 кг/м³, толщиной 0,02 м, коэффициент теплопроводности 0,93 Вт/(м·°С);
- водоизоляционный ковер – 3 слоя рубероида на битумной мастике плотностью 600 кг/м³, толщиной 0,015 м, коэффициент теплопроводности 0,17 Вт/(м·°С).

Теплотехнический расчет цокольного, чердачного перекрытия и покрытия прилагается в п.п. 3.3.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

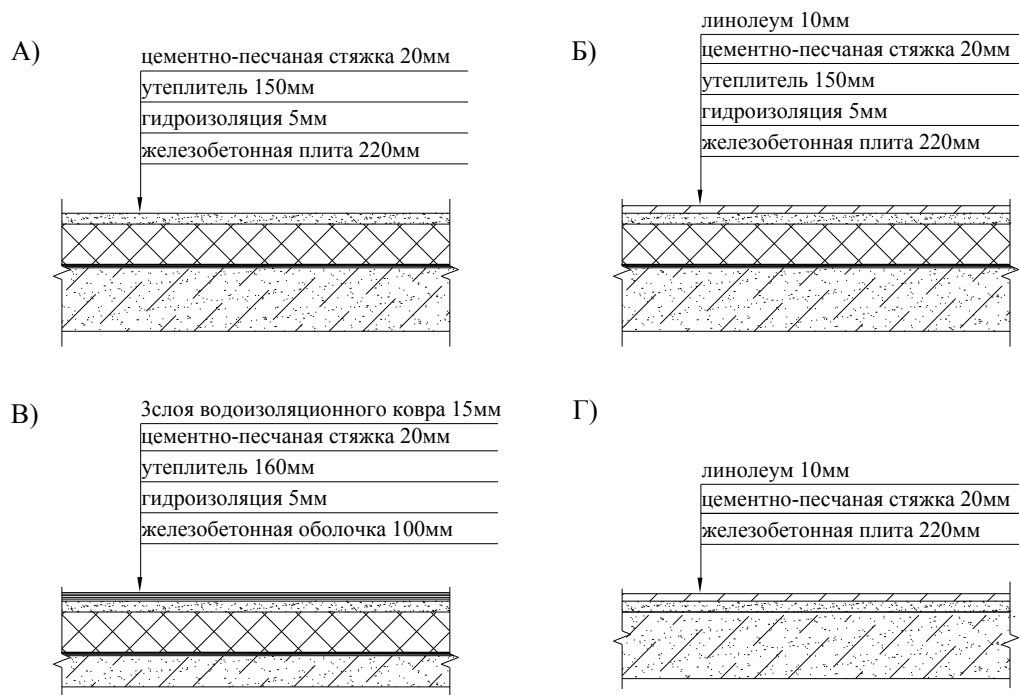


Рисунок 11. А) чердачное перекрытие; Б) цокольное перекрытие; В) покрытие над спортивным залом; Г) междуэтажное перекрытие

Перемычки – железобетонные для зданий с кирпичными стенами. Коэффициент надежности $\gamma_n=0,95$. Перемычки рассчитаны на нагрузки от собственного веса, веса кирпичной кладки над ними и перекрытий.

Двери входные дверные блоки из поливинилхлоридных профилей с полотнами рамочной конструкции и распашным открыванием (далее - дверные блоки или изделия) для зданий и сооружений различного назначения. Глухие с обшивкой.

Двери внутренние деревянные, пожаростойкие. Площадь дверных блоков определяют по наружным размерам коробок.

Окна –из пвх с 3-ным остеклением.

Кровля - рулонная с внутренним водостоком и частично асбестоцементные волнообразные листы.

Крыша - над техническим этажом железобетонные плиты и частично стропильная.

Наружная отделка - стеновые панели стеклоплитка. Зоны кирпичных стен - облицовка лицевым силикатным кирпичом с органо-силикатным покрытием с расшивкой швов.

Наружные поверхности стенок и архитектурные компоненты фасадов покрываются гидрофобным составом 5% сосредоточения кремнийорганических сочетаний ГКЖ-10 либо ГКЖ-11.ГКЖ-11.

1.9 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Покрытие над спортивным залом

РАСЧЕТ ВЫПОЛНЕН ПО ПРОГРАММЕ: «TERM 7», авторы: Никулин С.В., Худяков А.Д.
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Назначение ограждающей конструкции: Покрытие

Назначение помещения: Общественное

Температура внутреннего воздуха, °С: 15

Температура наиболее холодной пятидневки, °С: -37

Средняя температура отопительного периода, °С: -7.5

Продолжительность отопительного периода, сут.: 285

Требуемое сопротивление теплопередаче назначается: По [4]

Требуемое сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$: 4.165

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$: 8.7

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$: 23

Коэффициент положения ограждения, n: 1

ПАРАМЕТРЫ СЛОЕВ:

№ слоя	Ширина, м	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$
1	0.100	2.040
2	0.005	0.170
3	0.160	0.040
4	0.020	0.930
5	0.015	0.170

Вид замкнутых воздушных прослоек: Прослойка отсутствует

Схема конструкции: Без теплопроводного включения

Размер 'а' теплопроводных включений, м: 0

Коэфф. теплопр. материала теплопроводных включений, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$: 1

Глубина заделки края теплопр. включения в смежный слой, м.: 0

Площадь участков без теплопроводных включений, м^2 : 1

Площадь участков с теплопроводными включениями, м^2 : 0

Конструктивный шаг изменения толщины расчетного слоя, м: 0.01

Значение относительной влажности воздуха в помещении, %: 55

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

Общая толщина конструкции, м.: 0.300

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Действительная упругость водяного пара, Па: 937.750

РЕЗУЛЬТАТЫ ОСНОВНОГО РАСЧЕТА:

Величина ГСОП: 6412.50 сут.

Требуемое сопротивление теплопередаче назначалось по [4] и равно: 4.165 м²·°С/Вт

Толщина расчетного слоя, м: 0.16

Расчетное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт: 4.347 и превышает требуемое на 4.36 %

Величина Ra превышает Rб на 0.00 %

Температура внутренней поверхности: 16.2 °С.

Температура точки росы: 6.0 °С.

Выпадения конденсата не произойдет.

Кирпичная стена

РАСЧЕТ ВЫПОЛНЕН ПО ПРОГРАММЕ: «Тетm 7», авторы: Никулин С.В. Худяков А.Д.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Назначение ограждающей конструкции: Стена

Назначение помещения: Общественное

Температура внутреннего воздуха, °С: 18

Температура наиболее холодной пятидневки, °С: -37

Средняя температура отопительного периода, °С: -7.5

Продолжительность отопительного периода, сут.: 285

Требуемое сопротивление теплопередаче назначается: По [4]

Требуемое сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт: 3.380

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, Вт/м²·°С: 8.7

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, Вт/м²·°С: 23

Коэффициент положения ограждения, n: 1

ПАРАМЕТРЫ СЛОЕВ:

№ слоя	Ширина, м	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ² ·°С
1	0.020	0.930

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

2	0.250	0.810
3	0.140	0.050
4	0.120	0.810
5	0.000	1.000

Вид замкнутых воздушных прослоек: Прослойка отсутствует

Схема конструкции: Схема V (с металлическим теплопроводным включением)

Размер 'a' теплопроводных включений, м: 0.004

Коэфф. теплопр. материала теплопроводных включений, Вт/м°C: 58

Глубина заделки края теплопр. включения в смежный слой, м.: 0.1

Площадь участков без теплопроводных включений, м²: 1

Площадь участков с теплопроводными включениями, м²: 0

Конструктивный шаг изменения толщины расчетного слоя, м: 0.01

Значение относительной влажности воздуха в помещении, %: 55

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

Общая толщина конструкции, м.: 0.530

Значение коэффициента КСИ: 0.098

Действительная упругость водяного пара, Па: 1135.200

РЕЗУЛЬТАТЫ ОСНОВНОГО РАСЧЕТА:

Величина ГСОП: 7267.50 сут.

Требуемое сопротивление теплопередаче назначалось по СНиП и равно: 3.380 м²·°C/Вт

Толщина расчетного слоя, м: 0.14

Расчетное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт: 3.437 и превышает требуемое на 1.67 %.

Величина R_a превышает R_б на 0.00 %.

Температура внутренней поверхности: 16.2 °C.

Температура внутренней поверхности по теплопроводному включению: 10.8 °C.

Температура точки росы: 8.8 °C.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Выпадения конденсата не произойдет.

2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2.1 Выбор основного варианта

Основная несущая конструкция будет запроектирована из железобетона. Необходимо перекрыть площадь спортивного зала размером 36*24м. Рассмотрим следующие варианты покрытий.

- 1) Плоское покрытие из сегментных ферм и плит 3*6м.
- 2) Плоское покрытие из сегментных ферм и плит 3*12м.
- 3) Плоское покрытие из сегментных безраскосных ферм и плит 3*6м.
- 4) Плоское покрытие из сегментных безраскосных ферм и плит 3*12м.
- 5) Пространственное покрытие из длинных цилиндрических оболочек из балок и панелей 3*12м.
- 6) Пространственное покрытие из оболочки положительной кривизны и сегментных ферм в качестве диафрагм.

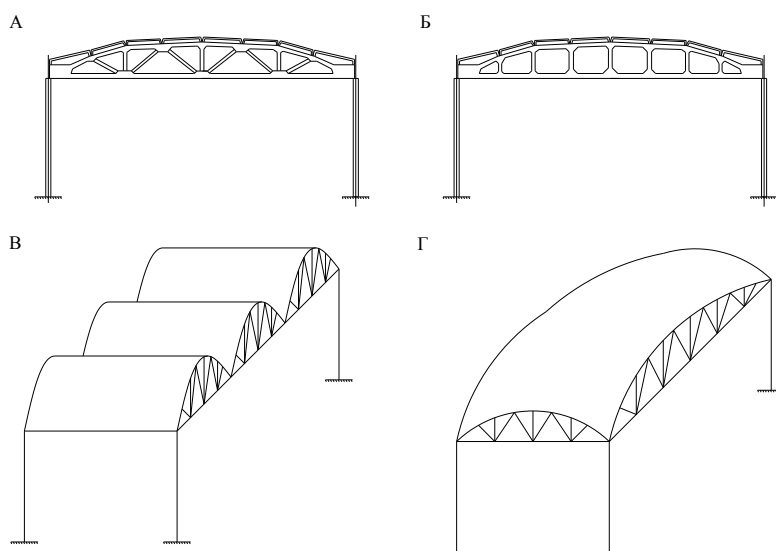


Рисунок 12. А) 1 и 2 вариант; Б) 3 и 4 вариант; В) 5 вариант; Г) бвариант

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Применение оболочек обеспечивает преимущество по сравнению с типовыми плоскостными покрытиями не только в расходе бетона и стали, но и улучшает архитектурно-планировочные характеристики здания.

Показатели трудоемкости, стоимости и продолжительности монтажа пространственных конструкций, даже при условии, что они монтируются наиболее рациональными методами, хуже аналогичных показателей монтажа типовых плоскостных конструкций, так как при монтаже оболочек обязательны тщательное замоноличивание с армированием расчетных стыков и швов и сварка арматурных выпусков.

Показатели трудоемкости и стоимости возведения пространственных конструкций приведенные к единице полезной площади:

Трудоемкость

- изготовления 1,39...2,5 чел-час/м²;
- монтажа 0,38...0,71 чел-час/м²;
- общая 2,06...2,91 чел-час/м².

Стоимость

- изготовления 7,29...9,09 руб/м²;
- транспортирования 0,46...0,76 руб/м²;
- монтажа 0,9...1,98 руб/м²;
- общая 9,52...10,94 руб/м².

Показатели трудоемкости и стоимости возведения плоскостных конструкций приведенные к единице полезной площади:

Трудоемкость

- изготовления 1,84...2,35 чел-час/м²;
- монтажа 0,27...0,3 чел-час/м²;
- общая 2,11...2,65 чел-час/м².

Стоимость

- изготовления 7,28...9,39 руб/м²;
- транспортирования 0,60...0,83 руб/м²;
- монтажа 0,68...0,99 руб/м²;
- общая 8,56...11,21 руб/м².

Однако, если рассматривать общие трудовые и стоимостные затраты на покрытие, приведенные к единице полезной площади, то эти затраты снижаются за счет сокращения объемов строительных материалов и более простого изготовления конструктивных элементов.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Повышение экономической эффективности пространственных конструкций достигается в первую очередь на стадии изготовления за счет облегчения конструкции, уменьшения расхода бетона и стали и повышения технологичности сборных элементов в изготовлении, а также за счет комплексной механизации всех процессов изготовления:

- подготовка опалубочных форм;
- изготовление и укладка арматурных изделий;
- натяжение арматуры (при необходимости);
- подача бетона;
- укладка и формование изделий;
- термовлажностная обработка изделий.

В обоих случаях контурные элементы оболочек были приняты железобетонными.

Таблица 3 Техничко-экономическое сравнение вариантов покрытия

№ п/п	Наименование покрытия и его конструктивное решение	Расход материалов			
		бетона		стали	
		в см *	в % **	в кг/м ²	в кг/м ³
1	Плоское покрытие из сегментных ферм и плит 3*6м	10,8	1,34	11,94	1,48
2	Плоское покрытие из сегментных ферм и плит 3*12м	11	1,36	10,8	1,34
3	Плоское покрытие из сегментных безраскосных ферм и плит 3*6м	9,75	1,21	12,07	1,49
4	Плоское покрытие из сегментных безраскосных ферм и плит 3*12м	10,4	1,29	10,85	1,34
5	Пространственное покрытие из длинных цилиндрических оболочек из балок и панелей 3*12м	9,41	1,16	10,81	1,34
6	Пространственное покрытие из оболочки положительной кривизны из плит 3*3м и сегментных ферм	8,12	1,00	9,71	1,20

Примечания: * - отношение расхода бетона к площади покрытия умноженное на 100 (м³/м² *100),

** - отношение расхода бетона к объему спортивного зала (м³/м³ *100).

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Данные таблицы 3 позволяют сделать вывод, что конструктивные решения пространственных покрытий по сравнению с типовыми плоскостными покрытиями имеют более высокие показатели по расходу бетона и стали. Пространственные конструкции рациональны для покрытия зданий различного назначения, так как позволяют создавать сооружения с выразительным архитектурным образом, перекрывают значительные пролеты, дают возможность успешно решать функциональные задачи получать значительную экономию металла и бетона по сравнению с плоскостными конструкциями.

Исходя из всего выше перечисленного, за основной вариант примем прямоугольную оболочку двоякой положительной кривизны размером 24*36м выполненную в монолитном железобетоне.

2.2 Расчет монолитной оболочки положительной кривизны

2.2.1 Расчетная схема

К рассматриваемому виду оболочек относятся строительные пространственные конструкции, имеющие выпуклую поверхность на прямоугольном плане. Эти оболочки делят на два класса – пологие и подъяёмистые. По ряду известных причин и преимуществ пологие оболочки получили наиболее широкое распространение в практике строительства. К расчету примем именно пологую оболочку, тем более что при расчете пологих оболочек могут быть существенно упрощены уравнения их равновесия и в месте с тем обеспечивают достаточную для практики точность.

$$f_1 \leq \frac{a}{5} = \frac{12}{5} = 2.4\text{м}, \quad f_2 \leq \frac{b}{5} = \frac{18}{5} = 3.6\text{м}.$$

Форма поверхности пологих оболочек выбирается из соображения удобства изготовления конструкции и простоты опалубки. Выберем поверхность тора, а именно наружную его часть, имеющую положительную кривизну. Такая поверхность имеет ряд известных преимуществ. Тор является поверхностью вращения и образуется вращением окружности вокруг оси, лежащей в её плоскости.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

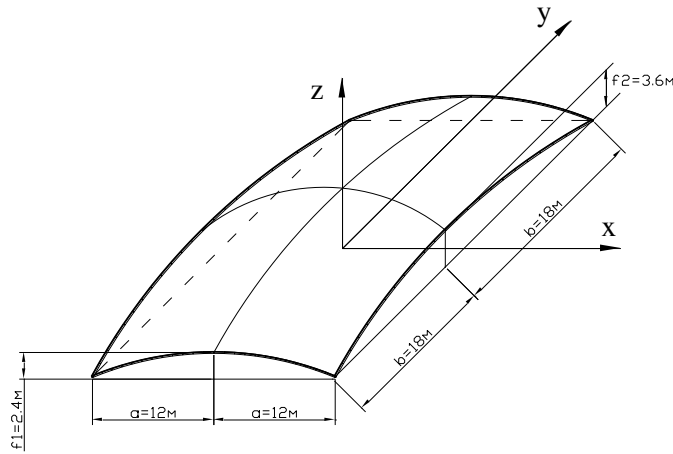


Рисунок 13. Геометрическая схема оболочки

Тор является поверхностью четвертого порядка, уравнение которой имеет вид:

$$x^2 + y^2 + z^2 - 2r_2(z + r_1 - r_2) = -2(r_2 - r_1)\sqrt{y^2 + (z - r_2)^2}.$$

Радиусы образующих окружностей связаны с размерами оболочки в плане и стрелами кривых соотношениями:

$$r_1 = \frac{(a^2 + f_1^2)}{2f_1} = \frac{(12^2 + 2.4^2)}{2 \cdot 2.4} = 31.2 \text{ м},$$

$$r_2 = \frac{(b^2 + f_2^2)}{2f_2} = \frac{(18^2 + 3.6^2)}{2 \cdot 3.6} = 46.8 \text{ м}.$$

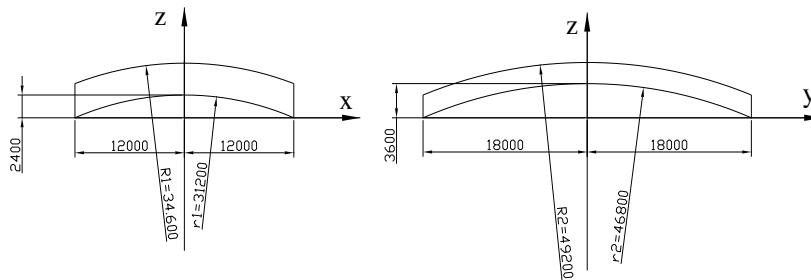


Рисунок 14. Основные размеры оболочки

Главные радиусы кривизны в центре оболочки легко могут быть найдены, исходя из элементарных соображений, с помощью рис. 4-3.

$$R_1 = r_1 + f_2 = 31.2 + 3.6 = 34.8 \text{ м},$$

$$R_2 = r_2 + f_1 = 46.8 + 2.4 = 49.2 \text{ м}.$$

Общий подъем оболочки в центре находится сложением подъемов по контуру оболочки:

$$F = f_1 + f_2 = 2.4 + 3.6 = 6 \text{ м}.$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Монолитное покрытие состоит из следующих конструктивных элементов:

- собственно оболочки, представленной на рис. 4-1 и 4-2;
- контурных элементов (диафрагм) в виде сегментных ферм пролетом 24м и 36м.

Конструкция покрытия опирается на 4 колонны с поперечным сечением 400*400мм. Соединение шарнирное.

2.2.2 Сбор нагрузок

Расчет монолитной оболочки положительной двоякой кривизны производим при помощи программы "SCad". Предварительно разобьем оболочку на элементарные площади, которые имеют размеры в плане 2х2м, и определим координаты всех точек. Координаты определим для ¼ оболочки, для остальных точек значения будут зеркально отражены. Координаты всех точек подсчитаны в таблице 4.

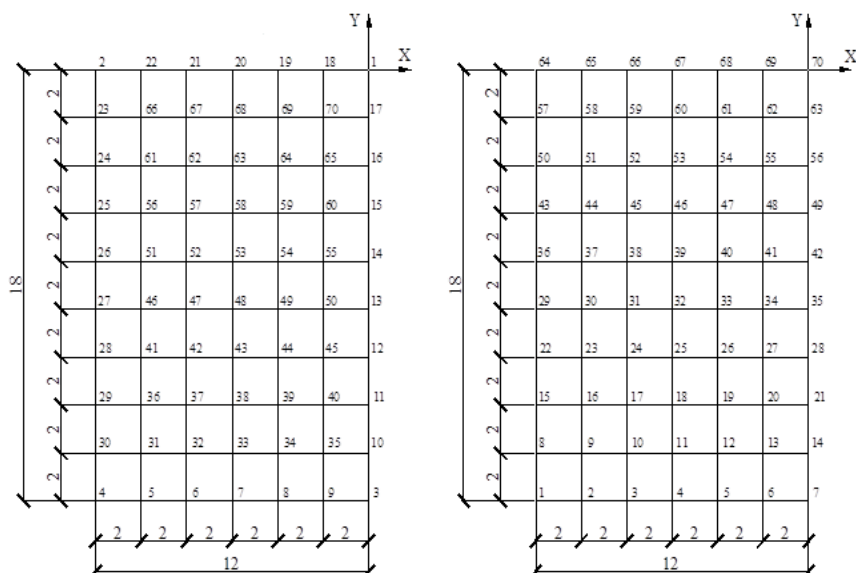


Рисунок 15. Номера точек для определения координат и определения снеговой нагрузки (2вариант).

Таблица 2. Определение координат

Определение z				
№ п/п	x, м	y, м	f, м	z, м
1	12	18	0	0
2	10	18	0	0,754
3	8	18	0	1,357
4	6	18	0	1,818
5	4	18	0	2,143
6	2	18	0	2,336
7	0	18	0	2,4
8	12	16	0,78	0,78
9	10	16	0,78	1,534

Определение z				
№ п/п	x, м	y, м	f, м	z, м
36	12	8	2,911	2,911
37	10	8	2,911	3,665
38	8	8	2,911	4,268
39	6	8	2,911	4,729
40	4	8	2,911	5,054
41	2	8	2,911	5,247
42	0	8	2,911	5,311
43	12	6	3,214	3,214
44	10	6	3,214	3,968

10	8	16	0,78	2,137	45	8	6	3,214	4,571
11	6	16	0,78	2,598	46	6	6	3,214	5,031
12	4	16	0,78	2,923	47	4	6	3,214	5,356
13	2	16	0,78	3,116	48	2	6	3,214	5,55
14	0	16	0,78	3,18	49	0	6	3,214	5,614
15	12	14	1,457	1,457	50	12	4	3,429	3,429
16	10	14	1,457	2,211	51	10	4	3,429	4,183
17	8	14	1,457	2,814	52	8	4	3,429	4,786
18	6	14	1,457	3,275	53	6	4	3,429	5,246
19	4	14	1,457	3,599	54	4	4	3,429	5,571
20	2	14	1,457	3,793	55	2	4	3,429	5,765
21	0	14	1,457	3,857	56	0	4	3,429	5,829
22	12	12	2,035	2,035	57	12	2	3,557	3,557
23	10	12	2,035	2,789	58	10	2	3,557	4,311
24	8	12	2,035	3,392	59	8	2	3,557	4,914
25	6	12	2,035	3,853	60	6	2	3,557	5,375
26	4	12	2,035	4,178	61	4	2	3,557	5,7
27	2	12	2,035	4,371	62	2	2	3,557	5,893
28	0	12	2,035	4,435	63	0	2	3,557	5,957
29	12	10	2,519	2,519	64	12	0	3,6	3,6
30	10	10	2,519	3,273	65	10	0	3,6	4,354
31	8	10	2,519	3,876	66	8	0	3,6	4,957
32	6	10	2,519	4,337	67	6	0	3,6	5,418
33	4	10	2,519	4,662	68	4	0	3,6	5,743
34	2	10	2,519	4,855	69	2	0	3,6	5,936
35	0	10	2,519	4,919	70	0	0	3,6	6

Далее соберем нагрузки на покрытие, исключая нагрузку от собственного веса оболочки (он подсчитывается в программе).

А) Постоянные нагрузки.

Нормативная и расчетная нагрузка от веса покрытия приведена в таблице 5.

Таблица 5. Сбор нагрузок от веса покрытия

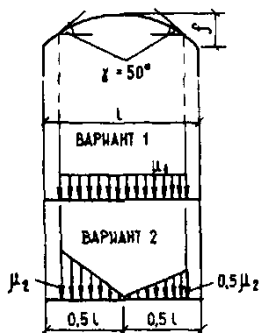
Вид нагрузки	Нормативная нагрузка g_n , кН/м ²	γ_f	γ_n	Расчетная нагрузка g , кН/м ²
3 слоя водоизоляционного ковра $\delta=15\text{мм}$ $\gamma=6\text{кН/м}^3$ $0,015*6=0,09\text{кН/м}^2$	0,09	1,2	0,95	0,10
Цементно-песчаная стяжка $\delta=20\text{мм}$ $\gamma=18\text{кН/м}^3$ $0,02*18=0,36\text{кН/м}^2$	0,36	1,2	0,95	0,41

Утеплитель - пенополиуретан $\delta=160\text{мм}$ $\gamma=0,4\text{кН/м}^3$ $0,16*0,4=0,06\text{кН/м}^2$	0,06	1,2	0,95	0,07
пароизоляция $\delta=5\text{мм}$ $\gamma=6\text{кН/м}^3$ $0,005*6=0,03\text{кН/м}^2$	0,03	1,2	0,95	0,03
Итого:	0,54			0,62

Б). Временные нагрузки.

Полное нормативное значение **снеговой нагрузки** на горизонтальную проекцию покрытия s следует определять по формуле: $s_n = s_0 \mu$,

где $s_0 = 1,71 \text{ кН/м}^2$ — нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли для IV снегового района;



μ - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие.

Здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями рассчитывают по двум вариантам загрузки снеговой нагрузкой.

1 вариант.

$$\mu_1 = \frac{l}{8f}, \text{ но не более 1 и не менее 0,4;}$$

$$\mu_1 = \frac{36}{8 \cdot 3.6} = \frac{24}{8 \cdot 2.4} = 1.25 \Rightarrow \mu_1 = 1.$$

Нормативное значение снеговой нагрузки получаем умножением нормативного на коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1.4$ и коэффициент надежности по назначению $\gamma_n = 0.95$

$$s_n = 1.71 \cdot 1 = 1.71 \text{ кН/м}^2,$$

$$s = s_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 1.71 \cdot 1.4 \cdot 0.95 = 2.27 \text{ кН/м}^2.$$

2 вариант следует учитывать при $\frac{f}{l} \geq \frac{1}{8}$.

$$\frac{f}{l} = \frac{3.6}{36} = \frac{1}{10} < \frac{1}{8} \Rightarrow \text{2 вариант учитываем, но принимаем } \mu_2 = 1.4.$$

Вес снегового покрова во втором варианте рассчитываем для различных значений кривизны оболочки и приведен в таблице 6 и 7 и на рисунке 16. Расчет произведен только для четверти оболочки. В остальных точках он зеркально отражается.

Таблица 6. Вес снегового покрова в контурных точках.

Вес в контурных точках,										
№ п/п	L/2	l/2	x, м	y, м	k	μ_2	S_n , кПа	γ_f	γ_n	S, кПа

1	18	12	0	0	0	1,4	0	1,4	0,95	0
2	18	12	12	0	1	1,4	2,394	1,4	0,95	3,18402
3	18	12	0	18	1	1,4	2,394	1,4	0,95	3,18402
4	18	12	12	18	2	1,4	4,788	1,4	0,95	6,36804
5	18	12	10	18	1,833	1,4	4,389	1,4	0,95	5,83737
6	18	12	8	18	1,667	1,4	3,99	1,4	0,95	5,3067
7	18	12	6	18	1,5	1,4	3,591	1,4	0,95	4,77603
8	18	12	4	18	1,333	1,4	3,192	1,4	0,95	4,24536
9	18	12	2	18	1,167	1,4	2,793	1,4	0,95	3,71469
10	18	12	0	16	0,889	1,4	2,128	1,4	0,95	2,83024
11	18	12	0	14	0,778	1,4	1,862	1,4	0,95	2,47646
12	18	12	0	12	0,667	1,4	1,596	1,4	0,95	2,12268
13	18	12	0	10	0,556	1,4	1,33	1,4	0,95	1,7689
14	18	12	0	8	0,444	1,4	1,064	1,4	0,95	1,41512
15	18	12	0	6	0,333	1,4	0,798	1,4	0,95	1,06134
16	18	12	0	4	0,222	1,4	0,532	1,4	0,95	0,70756
17	18	12	0	2	0,111	1,4	0,266	1,4	0,95	0,35378
18	18	12	2	0	0,167	1,4	0,399	1,4	0,95	0,53067
19	18	12	4	0	0,333	1,4	0,798	1,4	0,95	1,06134
20	18	12	6	0	0,5	1,4	1,197	1,4	0,95	1,59201
21	18	12	8	0	0,667	1,4	1,596	1,4	0,95	2,12268
22	18	12	10	0	0,833	1,4	1,995	1,4	0,95	2,65335
23	18	12	12	2	1,111	1,4	2,66	1,4	0,95	3,5378
24	18	12	12	4	1,222	1,4	2,926	1,4	0,95	3,89158
25	18	12	12	6	1,333	1,4	3,192	1,4	0,95	4,24536
26	18	12	12	8	1,444	1,4	3,458	1,4	0,95	4,59914
27	18	12	12	10	1,556	1,4	3,724	1,4	0,95	4,95292
28	18	12	12	12	1,667	1,4	3,99	1,4	0,95	5,3067
29	18	12	12	14	1,778	1,4	4,256	1,4	0,95	5,66048
30	18	12	12	16	1,889	1,4	4,522	1,4	0,95	6,01426

Таблица 7. Вес снегового покрова в средних точках.

Вес в средних точках															
№ п/п	№ определяющих точек Sn', кПа в точках		х, м	Sn, кПа	γf	γп	S, кПа	№ п/п	№ определяющих точек Sn', кПа в точках		х, м	Sn, кПа	γf	γп	S, кПа
	№ п/п	№ п/п							№ п/п	№ п/п					
31	10	30	10	4,123	1,4	0,95	5,484	51	14	26	10	3,059	1,4	0,95	4,0685
	2,128	4,522							1,064	3,458					
32	10	30	8	3,724	1,4	0,95	4,953	52	14	26	8	2,66	1,4	0,95	3,5378
	2,128	4,522							1,064	3,458					
33	10	30	6	3,325	1,4	0,95	4,422	53	14	26	6	2,261	1,4	0,95	3,0071
	2,128	4,522							1,064	3,458					
34	10	30	4	2,926	1,4	0,95	3,892	54	14	26	4	1,862	1,4	0,95	2,4765
	2,128	4,522							1,064	3,458					
35	10	30	2	2,527	1,4	0,95	3,361	55	14	26	2	1,463	1,4	0,95	1,9458
	2,128	4,522							1,064	3,458					
36	11	29	10	3,857	1,4	0,95	5,13	56	15	25	10	2,793	1,4	0,95	3,7147
	1,862	4,256							0,798	3,192					
37	11	29	8	3,458	1,4	0,95	4,599	57	15	25	8	2,394	1,4	0,95	3,184
	1,862	4,256							0,798	3,192					
38	11	29	6	3,059	1,4	0,95	4,068	58	15	25	6	1,995	1,4	0,95	2,6534
	1,862	4,256							0,798	3,192					
39	11	29	4	2,66	1,4	0,95	3,538	59	15	25	4	1,596	1,4	0,95	2,1227
	1,862	4,256							0,798	3,192					
40	11	29	2	2,261	1,4	0,95	3,007	60	15	25	2	1,197	1,4	0,95	1,592
	1,862	4,256							0,798	3,192					

41	12	28	10	3,591	1,4	0,95	4,776	61	16	24	10	2,527	1,4	0,95	3,3609
	1,596	3,99							0,532	2,926					
42	12	28	8	3,192	1,4	0,95	4,245	62	16	24	8	2,128	1,4	0,95	2,8302
	1,596	3,99							0,532	2,926					
43	12	28	6	2,793	1,4	0,95	3,715	63	16	24	6	1,729	1,4	0,95	2,2996
	1,596	3,99							0,532	2,926					
44	12	28	4	2,394	1,4	0,95	3,184	64	16	24	4	1,33	1,4	0,95	1,7689
	1,596	3,99							0,532	2,926					
45	12	28	2	1,995	1,4	0,95	2,653	65	16	24	2	0,931	1,4	0,95	1,2382
	1,596	3,99							0,532	2,926					
46	13	27	10	3,325	1,4	0,95	4,422	66	17	23	10	2,261	1,4	0,95	3,0071
	1,33	3,724							0,266	2,66					
47	13	27	8	2,926	1,4	0,95	3,892	67	17	23	8	1,862	1,4	0,95	2,4765
	1,33	3,724							0,266	2,66					
48	13	27	6	2,527	1,4	0,95	3,361	68	17	23	6	1,463	1,4	0,95	1,9458
	1,33	3,724							0,266	2,66					
49	13	27	4	2,128	1,4	0,95	2,83	69	17	23	4	1,064	1,4	0,95	1,4151
	1,33	3,724							0,266	2,66					
50	13	27	2	1,729	1,4	0,95	2,3	70	17	23	2	0,665	1,4	0,95	0,8845
	1,33	3,724							0,266	2,66					

Статическая составляющая **ветровой нагрузки** определяется как для зданий со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями.

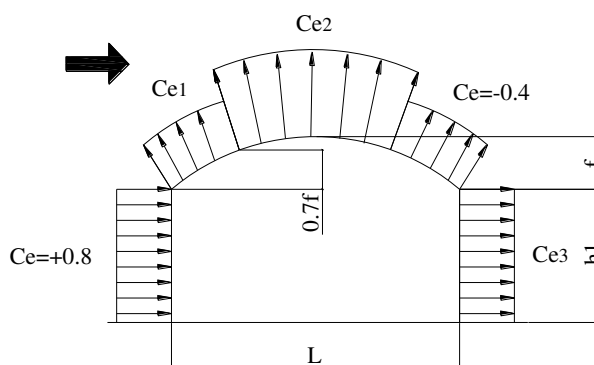


Рисунок 16. Расчетная схема для определения ветровой нагрузки.

Таблица 8. Определение аэродинамических коэффициентов s .

Коэффициент	$\frac{h_1}{l}$	Значения s_{e1}, s_{e2} при $\frac{f}{l}$, равном				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
s_{e1}	0	+0,1	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7
	0,2	□0,2	□0,1	+0,2	+0,5	+0,7
	≥ 1	□0,8	□0,7	□0,3	+0,3	+0,7
s_{e2}	Произвольное	□0,8	□0,9	□1	□1,1	□1,2

Нормативное значение средней статической составляющей нагрузки на высоте z над поверхностью земли следует определять по формуле

$$\omega_m = \omega_0 \cdot k \cdot c$$

где $\omega_0 = 0,3 \text{ кПа}$ – нормативное значение ветрового давления в зависимости от ветрового района;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте; для высоты от 9,43м до 15,43м $k = 0,7$;

c – аэродинамический коэффициент.

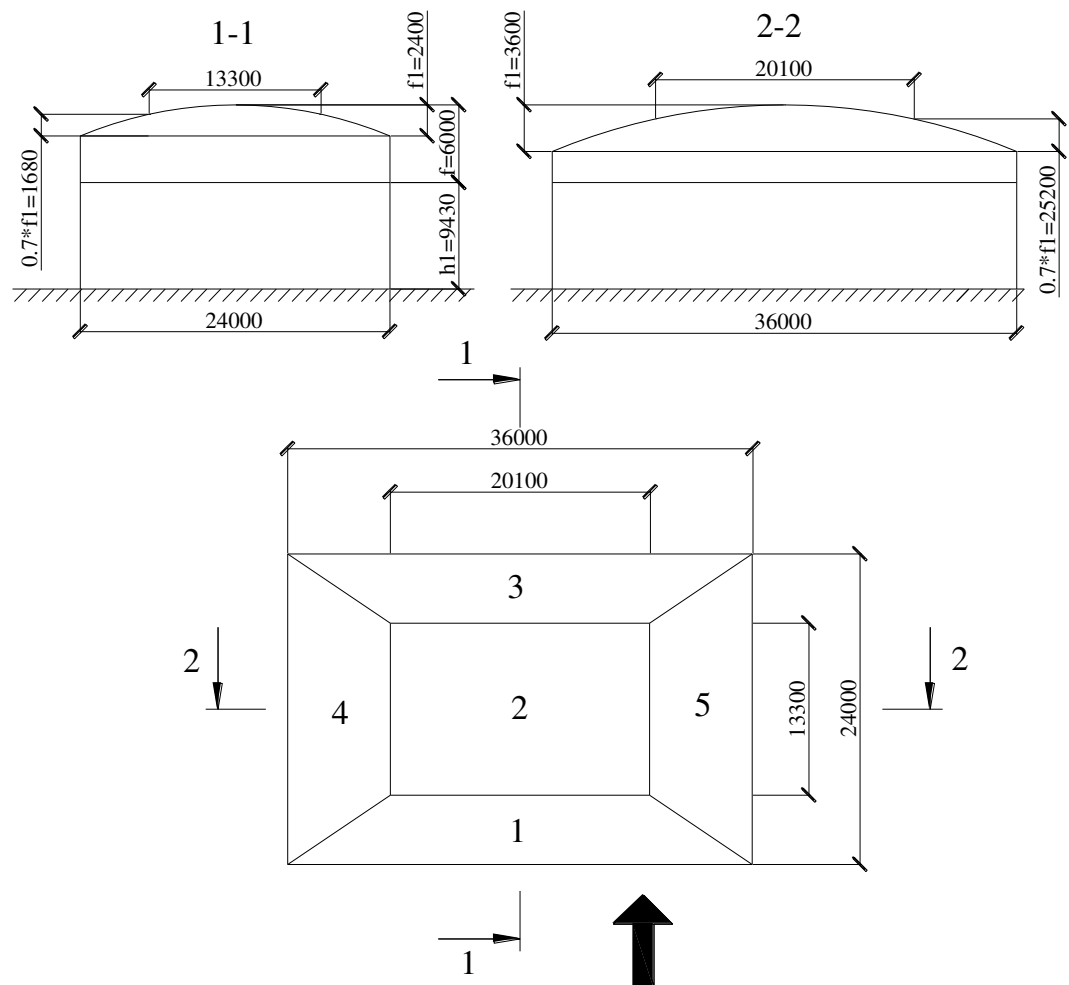


Рисунок 17. К расчету ветровой нагрузки.

$$\frac{f}{l} = \frac{2.4}{24} = \frac{3.6}{36} = 0.1, \quad \frac{h_1}{l} = \frac{9.43 + 3.6}{24} = 0.54 \Rightarrow c_{e2} = -0,8, \quad c_{e1} = -0,46.$$

При ветре, перпендикулярном торцу здания, для всей поверхности покрытия $c_e = -0,7$.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\omega_{m1} = 0.3 \cdot 0.7 \cdot (-0.46) = -0.097 \text{ кПа} , \quad \omega_{m3} = 0.3 \cdot 0.7 \cdot (-0.4) = -0.084 \text{ кПа} ,$$

$$\omega_{m2} = 0.3 \cdot 0.7 \cdot (-0.8) = -0.168 \text{ кПа} , \quad \omega_{m4} = \omega_{m5} = 0.3 \cdot 0.7 \cdot (-0.7) = -0.147 \text{ кПа} ,$$

При расчете одноэтажных зданий высотой до 36м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типа А и В пульсирующую составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать.

На контурные элементы, в нашем случае сегментные фермы пролетом 24 и 36м, действует опорное давление в виде сдвигающих сил. Сдвигающие силы касательны к срединной поверхности оболочки и обратны по величине сдвигающим усилиям, действующим в криволинейной плите оболочки. Сдвигающие силы, значение которых берем из результатов расчета оболочки (приложение 1), приводим к узловым нагрузкам. Схема сдвигающих усилий на фермы приведена на рис. 18. Собственный вес ферм подсчитывается в программе.

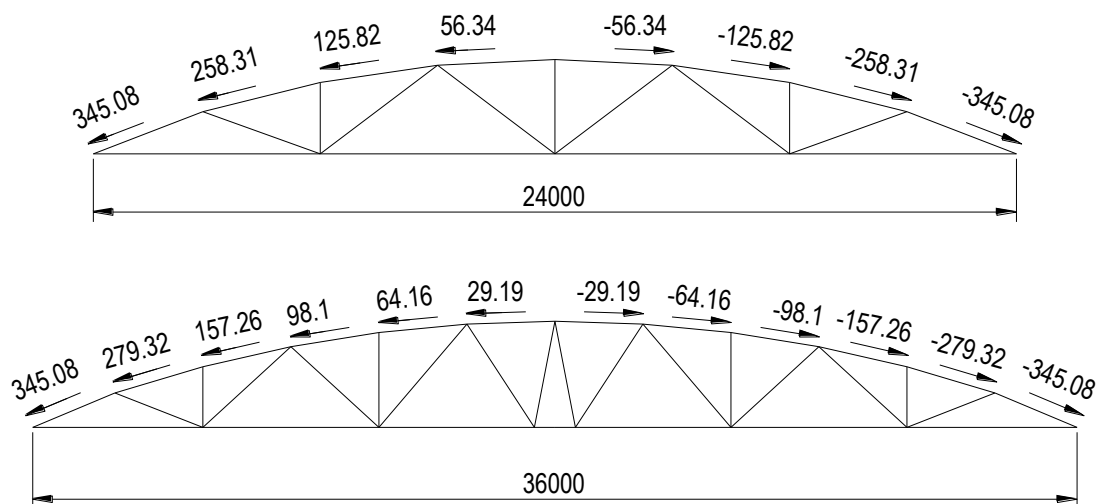


Рисунок 18. Сдвигающие усилия, действующие на верхний пояс ферм.

2.2.3 Расчет пологой оболочки по безмоментной теории

Расчет пологих оболочек двойной кривизны по безмоментной теории производится в предположении, что $(\partial z/\partial x)^2 \ll 1$, $(\partial z/\partial y)^2 \ll 1$. Пренебрегая квадратами производных и их произведениями, мы тем самым предполагаем равенство геометрии криволинейной поверхности оболочки и ее проекции на горизонтальную плоскость, т. е. считаем $ds_1 \approx dx$ и $ds_2 \approx dy$.

Таким образом, условия равновесия пространственного элемента оболочки могут быть заменены условиями равновесия его горизонтальной проекции.

П. А. Лукашом предложен метод, позволяющий более точно решать вопрос о том, какой способ расчета применить к данной оболочке — по линейной теории или по нелинейной.

Для этой цели по нелинейной теории определяют прогиб ω от расчетной нагрузки в середине оболочки:

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$\frac{\pi^2}{256} \left(\frac{1}{\gamma^2} + \gamma^2 \right) \varepsilon^3 - \frac{2\pi^2}{3} (\bar{\chi}_1 + \bar{\chi}_2) \frac{1}{\left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2} \varepsilon^2 - \frac{\pi^2}{24} \left(\frac{\bar{\chi}_1}{\gamma^2} + \bar{\chi}_2 \cdot \gamma^2 \right) \varepsilon^2 +$$

$$+ \frac{\pi^2}{16} (\bar{\chi}_1 + \bar{\chi}_2)^2 \frac{1}{\left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2} \varepsilon + \frac{\pi^6}{192(1-\nu^2)} \left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2 \varepsilon = \bar{q},$$

где

$$\varepsilon = \omega / \delta; \quad \chi_1 = \partial^2 F / \partial^2 x^2;$$

$$\gamma = l_1 / l_2; \quad \chi_2 = \partial^2 F / \partial^2 y^2;$$

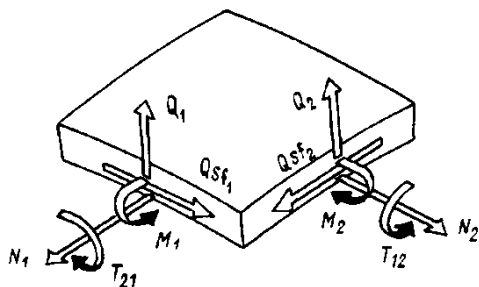
$$\bar{\chi}_1 = \chi_1 l_1^2 / \delta; \quad F - \text{уравнение поверхности (см. п.п. 4.2.1);}$$

$$\bar{\chi}_2 = \chi_2 l_2^2 / \delta; \quad \nu - \text{коэффициент Пуассона;}$$

$$\bar{q} = q / E \cdot l_1^2 l_2^2 / \delta^4; \quad \delta - \text{толщина конструкции.}$$

Затем определяют по линейной теории нагрузку, соответствующую вычисленному нелинейному прогибу ω :

$$q_n = \frac{\pi^2}{16} (\bar{\chi}_1 + \bar{\chi}_2)^2 \frac{1}{\left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2} \varepsilon + \frac{\pi^6}{192(1-\nu^2)} \left(\frac{1}{\gamma} + \gamma \right)^2 \varepsilon.$$



Очевидно, что при равных прогибах нагрузка, вычисленная по линейной теории, будет больше нагрузки, вычисленной по нелинейной теории. Если соотношение нагрузок $k = q_n / q < 1,05$, расчет можно производить по линейной теории, если же $k > 1,05$, т. е. разница между нагрузками существенна, расчет надо производить по нелинейной теории.

Ниже кратко изложен метод расчета тонких пологих оболочек положительной гауссовой кривизны по безмоментной линейной теории.

В полой оболочке возникает система усилий N_x, N_y, Q_{xy}, Q , а также изгибающих моментов M_x, M_y и крутящих моментов T_{xy} и T_{yx} .

Рассмотрение условий равновесия элемента оболочки, находящегося под действием вертикальной нагрузки q , приводит к трем дифференциальным уравнениям равновесия:

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial Q_{sf}}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial N_1}{\partial y} + \frac{\partial Q_{sf}}{\partial x} = 0; \\ \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} N_1 + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} N_2 + 2 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} Q_{sf} = q. \end{aligned} \right\}$$

Таким образом, окончательно имеем:

$$N_1 / r_1 + N_2 / r_2 = q.$$

Последнее уравнение является уравнением равновесия всех сил, спроектированных на вертикальную ось. При расчете оболочек с поверхностью эллиптического параболоида приближенно полагают кривизны оболочки постоянными, равными ее главным кривизнам, что позволяет применять уравнение для любой точки поверхности.

Пользуясь уравнениями равновесия, можно дать решение неизвестных усилий N_1 , N_2 и Q_{sf} в виде бесконечных рядов. Для этого вводят функцию напряжений F так, что

$$N_1 = \partial^2 F / \partial x^2; \quad N_2 = \partial^2 F / \partial y^2; \quad Q_{sf} = \partial^2 F / \partial x \partial y.$$

Легко видеть, что выражения удовлетворяют первым трем уравнениям.

Подставляя функцию F в упрощенное уравнение, получаем:

$$1/r_1 \cdot \partial^2 F / \partial y^2 + 1/r_2 \cdot \partial^2 F / \partial x^2 = q.$$

Произведя замену переменных:

$$y = \eta / \sqrt{r_1}; \quad x = \xi / \sqrt{r_2},$$

получим гармоническое уравнение Пуассона:

Заметим, что на краю безмоментной оболочки мы вправе распорядиться только теми усилиями или перемещениями, которые действуют по касательной к поверхности.

Для отдельно стоящей оболочки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой q , решение в гиперболо-тригонометрических рядах имеет вид:

$$N_1 = -\frac{4}{\pi} q r_1 \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} \cdot \frac{ch \frac{n\pi}{2b} y \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}}{ch \frac{n\pi}{2} \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}} \cos \frac{n\pi}{2a} x;$$

$$Q_{sf} = -\frac{4}{\pi} q \sqrt{r_1 r_2} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} \cdot \frac{sh \frac{n\pi}{2b} y \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}}{sh \frac{n\pi}{2} \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}} \sin \frac{n\pi}{2a} x.$$

Усилия N_2 могут быть найдены на основании упрощенного уравнения, с учетом того, что сжимающие усилия N_1 и N_2 будем полагать отрицательными:

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$N_2 = -\left(q + \frac{N_1}{r_1}\right)r_2.$$

Ряды обладают довольно хорошей сходимостью только в средней зоне оболочки.

Опуская преобразования, приведем окончательный вид расчетных формул:

$$N_1 = -\frac{2}{\pi}qr_1 \left[\operatorname{arctg} \frac{\cos \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 - \frac{y}{b}\right)} + \operatorname{arctg} \frac{\cos \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 + \frac{y}{b}\right)} \right] +$$

$$+ \frac{4}{\pi}qr_1 \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} e^{-n\theta} \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{2b} \theta y}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{2} \theta} \cos \frac{n\pi}{2a} x;$$

$$Q_{sf} = -\frac{q}{\pi} \sqrt{r_1 r_2} \left[\ln \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 - \frac{y}{b}\right) + \sin \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 - \frac{y}{b}\right) - \sin \frac{\pi x}{2a}} - \ln \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 + \frac{y}{b}\right) + \sin \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 + \frac{y}{b}\right) - \sin \frac{\pi x}{2a}} \right] +$$

$$+ \frac{4q}{\pi} \sqrt{r_1 r_2} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} e^{-n\theta} \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi}{2b} \theta y}{\operatorname{sh} \frac{n\pi}{2} \theta} \sin \frac{n\pi}{2a} x,$$

где $\theta = \sqrt{f_2 / f_1}$.

Ряды сходятся очень быстро. Практически для расчета оболочки достаточно удержать лишь первый член ряда, что позволяет представить выражение для нормальных и сдвигающих усилий в замкнутой форме:

$$N_1 = -\frac{2}{\pi}qr_1 \left[\operatorname{arctg} \frac{\cos \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 - \frac{y}{b}\right)} + \operatorname{arctg} \frac{\cos \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 + \frac{y}{b}\right)} \right] + \frac{4}{\pi}qr_1 \cdot e^{-\theta} \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2b} \theta y}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta} \cos \frac{\pi x}{2a};$$

$$Q_{sf} = -\frac{q}{\pi} \sqrt{r_1 r_2} \left[\ln \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 - \frac{y}{b}\right) + \sin \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 - \frac{y}{b}\right) - \sin \frac{\pi x}{2a}} - \ln \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 + \frac{y}{b}\right) + \sin \frac{\pi x}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \theta \left(1 + \frac{y}{b}\right) - \sin \frac{\pi x}{2a}} \right] +$$

$$+ \frac{4q}{\pi} \sqrt{r_1 r_2} \cdot e^{-\theta} \frac{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2b} \theta y}{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2} \theta} \sin \frac{\pi x}{2a},$$

Получаемые усилия имеют конечные значения по всей поверхности оболочки, за исключением угловых точек, где сдвигающие усилия бесконечно возрастают.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Максимальные расчетные сдвигающие усилия в угловой зоне оболочки следует принимать на расстоянии 0,02—0,025 соответствующего пролета оболочки от угловой точки.

Таким образом, определяются усилия во всех точках поверхности оболочки.

Сечение плиты проверяется по величинам главных сжимающих напряжений. Толщина плиты и сечение арматуры в средней зоне подбирается из конструктивных соображений, вследствие относительной малости нормальных усилий. В крайних зонах проверка сечения плиты производится по формулам внецентренного сжатия.

Оболочку делят на элементарные сечения шириной по 1м. Расчет ведется по наибольшему усилию на данной площади N_1 или N_2 .

Требуемая площадь сечения должна быть больше принятой:

$$A_{\text{треб.}} \approx \frac{N}{0,8(R_b + 0,03R_{sc})} \leq A_{\text{факт.}}$$

Случайный начальный эксцентриситет определяется из следующих условий:

$$e_a \geq \frac{l}{600}; e_a \geq \frac{h}{30}; e_a \geq 1\text{см}$$

Подбор арматуры производим из условия:

$$N \cdot e \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_0 - a')$$

Для удобства расчет произведен в программе Scad. Результаты расчета по первой группе предельных состояний представлены в приложении 1; результаты расчета по второй группе предельных состояний – в приложении 4.

2.2.4 Расчет контурных элементов

Расчет контурных ферм ведем аналогично расчету ферм покрытия. Фермы проектируются предварительно напряженными. Комплекс расчетов железобетонной фермы содержит расчеты сечений верхнего и нижнего поясов, сжатых и растянутых раскосов по предельным состояниям первой и второй групп на действие усилий от нагрузок, усилий обжатия, усилий, возникающих в процессе монтажа. Далее приведены методики расчетов сжатых элементов, растянутых элементов.

Расчет сжатого элемента ведем по наибольшему усилию N в элементе.

Требуемая площадь сечения сжатого элемента должна быть меньше фактической:

$$A_{\text{треб.}} \approx \frac{N}{0,8(R_b + 0,03R_{sc})} \leq A_{\text{факт.}}$$

Случайный начальный эксцентриситет определяется из следующих условий:

$$e_a \geq \frac{l}{600}, e_a \geq \frac{h}{30}, e_a \geq 1\text{см}.$$

При $e_a < \frac{1}{8}h$ $l_o = 0,9 \cdot l$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Если гибкость сечения: $\lambda_n = \frac{l_o}{h} > 4 \rightarrow$ необходимо учесть прогиб элемента на его прочность.

Принимаем симметричное армирование.

Условная критическая сила:

$$N_{CR} = \frac{6,4 \cdot E_b}{l_o^2} \left[\frac{I}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right) + \alpha \cdot I_s \right]$$

где

$I = b \cdot h^3 / 12$ - момент инерции сечения;

$\varphi_l = 1 + \beta M_{II} / M_1 < 1 + \beta$ - коэффициент, учитывающий влияние длительного действия на прогиб элемента в предельном состоянии;

$$M_{II} = M_l + N_l(h_o - a') / 2; \quad M_1 = M + N(h_o - a') / 2;$$

$$\delta_e = e_o / h \leq \delta_{e,\min} = 0,201; \quad \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_o}{h} - 0,01 R_b;$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b}; \quad \mu - \text{принятый процент армирования};$$

$I_s = \mu b h_o (0,5h - a')^2$ - момент инерции сечения арматуры, вычисляемый относительно центра тяжести бетонного сечения.

Далее определяется коэффициент, учитывающий влияние прогиба элемента:

$$\eta = 1 / (1 - N / N_{CR})$$

Тогда эксцентриситет: $e = e_a \cdot \eta + 0,5 \cdot h - a'$

Граничное значение относительной высоты сжатой зоны:

$$\xi_R = \frac{\omega}{\left[1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right) \right]}$$

где

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b$$

$$\sigma_{SR} = R_s$$

$$\sigma_{SC,U} = 500 \text{ МПа, при } \gamma_{b2} = 0,9,$$

Задаваясь ожидаемым отношением A_s / A_s' , определяем высоту сжатой зоны x и затем ξ :

$$x = N / R_b \cdot b; \quad \xi = x / h_o \leq \xi_R.$$

После чего по формулам подбираем сечение арматуры A_s и A_s' , принимая их не менее минимального значения

$$A_s' = (Ne - \alpha_m R_b b h_o^2) / (R_{SC} z_s);$$

$$A_s = (\xi_R R_b b h_o - N) / R_s + A_s' R_{SC} / R_s.$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Вычисляем коэффициент армирования $\mu = (A_s + A_s') / bh$ по найденным сечениям арматуры. Если он отличается от исходного не более чем на 0,005 решение можно считать найденным; при большей разнице необходимо сечение пересчитать, задавшись новым коэффициентом армирования. Если в решении получается $\mu > 0.3$, то следует пересмотреть размеры сечения b и h или изменить классы бетона и арматуры.

Расчет растянутого нижнего пояса.

Расчет ведем по максимальному усилию в нижнем поясе N .

Требуемая площадь растянутой предварительно напряженной арматуры

$$A_{sp}^{mp} = N / \gamma_{s6} \cdot R_{sp},$$

где γ_{s6} - коэффициент, учитывающий предварительное напряжение арматуры.

Напрягаемая арматура должна быть охвачена ненапрягаемой; суммарный процент армирования:

$$\mu = (A_{sp} + A_s) / b / h.$$

Приведенная площадь сечения:

$$A_{red} = A + \Sigma A = b \cdot h + A_s \cdot \alpha_s + A_{sp} \cdot \alpha_{sp},$$

где $\alpha_{sp} = \frac{E_{sp}}{E_b}$; $\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}$.

Элемент относится к 3-й категории. Принимаем механический способ натяжения арматуры. Предварительное напряжение в арматуре:

$$\sigma_{sp} = R_{s,ser} / 1.05,$$

Определяем потери предварительного напряжения в арматуре при $\gamma_{sp} = 1$

Первые потери:

от релаксации напряжений в арматуре

$$\sigma_1 = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{R_{s,ser}} - 0,1 \right) \sigma_{sp};$$

от разности температур напрягаемой арматуры и натяжных устройств

$$\sigma_2 = 1,25 \cdot \Delta t;$$

от деформации анкеров $\sigma_3 = \frac{\Delta l}{l} E_{sp}$

где $\Delta l = 1,25 + 0,15 d_{sp}$

от быстро натекающей ползучести бетона при $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} < 0,8$,

$$\sigma_{bp} = P_1 / A_{red},$$

где

$$P_1 = A_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3);$$

$$\alpha = 0,25 + 0,025 R_{bp};$$

$$R_{bp} = 0,7 B$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$\sigma_6 = 40 * 0,85 * \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}}$$

0,85 – коэффициент, учитывающий тепловую обработку.

Первые потери составляют: $\sigma_{los1} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_6$.

Вторые потери:

от релаксации напряжений $\sigma_7 = 0$ (натяжение на упоры);

от усадки бетона класса В35, естественного твердения табл.5 СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и ж/б конструкции», $\sigma_8 = 40 \text{ МПа}$;

от ползучести бетона $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} < \alpha = 0,8$

где $\sigma_{bp} = \frac{P_1}{A_{red}}$, $P_1 = A_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_6)^2$,

$$\sigma_9 = 150 \cdot 0,85 \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}}$$

Вторые потери составляют: $\sigma_{los2} = \sigma_8 + \sigma_9$

Полные потери: $\sigma_{los} = \sigma_{los1} + \sigma_{los2}$

Расчетный разброс напряжений:

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{P}{\sigma_{sp}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right), \quad \gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp}$$

Сила обжатия:

$$P = A_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) \gamma_{sp} - A_s (\sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9)$$

Усилие, воспринимаемое сечением при образовании трещин:

$$N_{crc} = \gamma_i R_{bt,ser} (b \cdot h + 2\alpha_{sp} A_{sp}) + P$$

Если $N_{crc} < N_n \rightarrow$ условие трещиностойкости сечения не соблюдается, расчет на раскрытие трещин производить надо.

$$\sigma_s = \frac{N_{II} - P}{A_s};$$

$$P = \gamma_{sb} [(\sigma_{sp} - \sigma_{los}) A_s - (\sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9) A_{s1}]$$

Ширина раскрытия трещин от нагрузки

$$a_{crc} = \gamma_i 20 (3,5 - 100 \mu) \delta \varphi_i \eta \frac{\sigma_s}{E_s} \sqrt[3]{d}$$

δ - коэффициент, принимаемый для растянутых элементов 1,2;

$\varphi_i = 1$ – при действии кратковременных и постоянных нагрузок;

$\eta = 1$ для стержневой арматуры;

$\mu = A_s / Bh$ - процент армирования;

$$a_{crc} < [a_{crc}] = 0,15 \text{ мм}$$

Ширина раскрытия трещин должна быть меньше предельно допустимой ширины.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

2.2.5 Конструирование оболочки и контурных элементов

Поверхность выпуклых оболочек нельзя развернуть на плоскости. Это качество, являясь достоинством для обеспечения прочности, жесткости и общей устойчивости конструкции, налагает определенные геометрические требования при назначении размеров сварных арматурных сеток для монолитных оболочек.

Армировать криволинейную плиту (скорлупу) монолитной оболочки рекомендуется стержнями, расположенными параллельно диафрагмам. Армирование производят сварными рулонными сетками.

В средней безмоментной зоне гладкой оболочки, где действуют только сжимающие усилия, толщину бетона и армирование назначают конструктивно, согласно требованиям норм. При толщине плиты 60мм (до 80мм) она армируется одиночной сеткой. Конструктивную арматуру принимаем диаметром 4мм с шагом 200мм. Располагается она ближе к нижней грани сечения.

В приконтурных зонах и углах, где действуют растягивающие усилия, плиту необходимо принять большей толщины, чем в средней зоне (80мм) для восприятия положительных моментов. Здесь предусматриваются дополнительные сетки, которые раскатываются вдоль контурных элементов. Арматура сеток принимается диаметром 5мм с шагом также 200мм. Основная сетка располагается при этом в верхней зоне.

В угловых зонах укладываем косую арматуру $\varnothing 8A-I$ под углом 45° к контуру перпендикулярно диагонали плана.

Для восприятия растягивающих усилий, действующих параллельно контуру, у нижней грани криволинейной плиты на приопорных участках укладывается конструктивная арматура класса A-III диаметром 16мм. Для предотвращения наклонных трещин в приопорном участке привариваем поперечные стержни класса A-I диаметром 6мм. Шаг поперечных стержней 150мм в крайней части приопорного участка, 350мм – в средней части.

Фермы пролетом 24м изготавливают цельными, пролетом 36м – из двух полуферм. Ширину сечения поясов ферм принимаем одинаковой 250мм. Высоту верхнего пояса ферм принимаем 200мм, нижнего пояса – 300мм, стоек и раскосов 150мм.

Нижний пояс армируем высокопрочной проволокой, организованной в пучки. Натяжение арматуры принято на бетон домкратом двойного действия. Анкеровка напрягаемой арматуры производится с помощью анкера с колодкой и конусной пробкой. Расстояние в свету между напрягаемой арматурой принято согласно нормам. Вся растянутая арматура охвачена замкнутыми конструктивными хомутами, устанавливаемыми с шагом 500мм.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Верхний пояс и элементы решетки армируем ненапрягаемой арматурой в виде сварных каркасов.

Более подробное описание армирования представлено в таблице 9.

В узлах железобетонных ферм для надежной передачи усилий от одного элемента другому создают специальные уширения – вуты, позволяющие лучше разместить и заанкерить арматуру решетки. Узлы армируют окаймляющими цельногнутыми стержнями диаметром 10мм и вертикальными поперечными стержнями диаметром 6мм с шагом 100мм, объединенные в сварные каркасы. Арматуру элементов решетки заводят в узлы, а растянутые стержни усиливают на конце анкерами в виде коротышей.

Передача сдвигающих усилий с железобетонной оболочки на контурные элементы осуществляется с помощью жестких упоров, приваренных к закладным деталям верхнего пояса.

Более детальное конструирование узлов фермы, стыка полуферм фермы пролетом 36м, а также стыка контурных элементов и плиты см. в следующем разделе.

Таблица 9. Армирование элементов ферм.

Тип элемента	Диаметр и класс продольной арматуры		Диаметр и класс поперечной арматуры	
	Ферма 36м	Ферма 24м	Ферма 36м	Ферма 24м
Верхний пояс крайние раскосы	Ø10А-III	Ø16А-III	Ø6А-I	Ø6А-I
Верхний пояс средние элементы	Ø8А-III	Ø10А-III	Ø6А-I	Ø6А-I
Нижний пояс	Ø6В-II, Ø10А-III	Ø6В-II, Ø10А-III	Ø6А-I	Ø6А-I
Растянутый крайний раскос	Ø18А-III	Ø12А-III	Ø6А-I	Ø6А-I
Сжатые раскосы и стойки	Ø8А-III	Ø8А-III	Ø6А-I	Ø6А-I

2.2.6 Расчет и конструирование узлов ферм

Расчет произведен для узлов фермы пролетом 36м. Все узлы фермы пролетом 24м рассчитываются и армируются аналогично.

А) Опорный узел.

Расчетное усилие из условия прочности в наклонном сечении по линии отрыва АВ

$$N_x = \frac{N - N_n}{\text{ctg}\alpha} = \frac{830 - 646}{1.88} = 98 \text{кН}$$

$$N_n = R_s A_s l_1 / l_{з.н.} = 1050 \cdot 10^6 \cdot 15.3 \cdot 10^{-4} \cdot 60.3 / 150 = 646 \text{кН},$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$\alpha = 28^\circ, \operatorname{ctg} 28^\circ = 1.88.$$

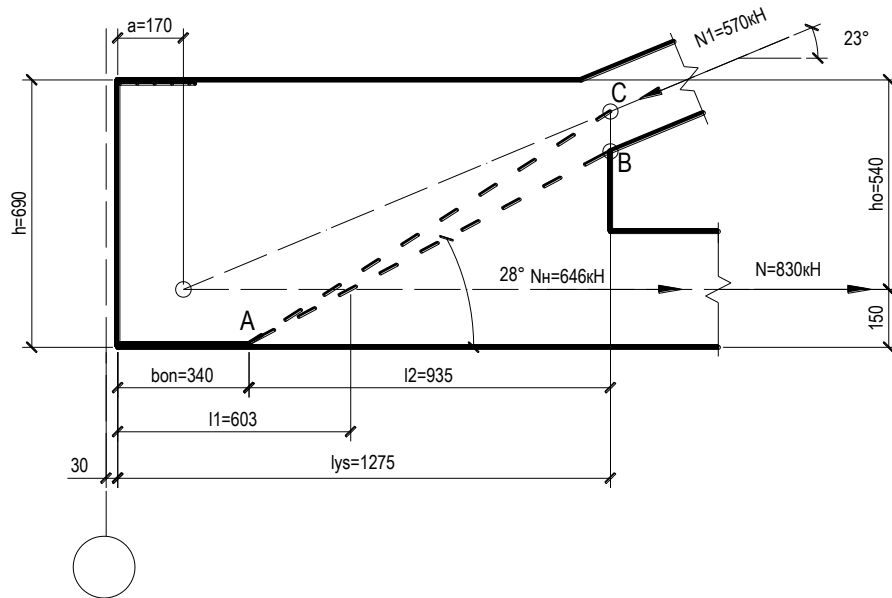


Рисунок 19. Расчетная схема опорного узла.

Площадь сечения одного поперечного стержня

$$A_{sw1} = \frac{N_x}{nR_{sw}} = \frac{98000}{20 \cdot 175(100)} = 0.22 \text{ см}^2$$

где n – количество поперечных стержней в узле, пересекаемых линией АВ; при двух каркасах и шаге стержней 100мм $n=2 \cdot 10=20$ шт; из конструктивных соображений принимаем стержни $\varnothing 6A-I$, $A_{sw1} = 0.283 \text{ см}^2$.

Из условия обеспечения прочности на изгиб в наклонном сечении (по линии АС, рис.4-7) требуемая площадь поперечного стержня равна:

$$A_{sw1} \geq \frac{N_1(l_{yz} - a) \sin \beta - N_n \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{n \cdot R_{sw} \cdot z},$$

где β - угол наклона приопорной панели; $\beta = 23^\circ$, $\sin 23^\circ = 0.39$, $h_0 = 54 \text{ см}$, $N_1 = 570 \text{ кН}$ - усилие в приопорном стержне, x - высота сжатой зоны бетона:

$$x = \frac{N_n}{R_b b} = \frac{646}{14.5(10^{-1}) \cdot 0.25} = 0.178 \text{ м} = 17.8 \text{ см};$$

$z \approx 0.6h_0 = 0.6 \cdot 54 = 32.4 \text{ см}$ - расстояние от центра тяжести сжатой зоны бетона до равнодействующей усилий в поперечной арматуре опорного узла:

$$A_{sw1} \geq \frac{570 \cdot (127.5 - 17) \cdot 0.39 - 646 \cdot \left(54 - \frac{17.8}{2} \right)}{20 \cdot 175(10^{-1}) \cdot 32.4} < 0,$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

что меньше принятого. Условие прочности на изгиб в наклонном сечении удовлетворяется.

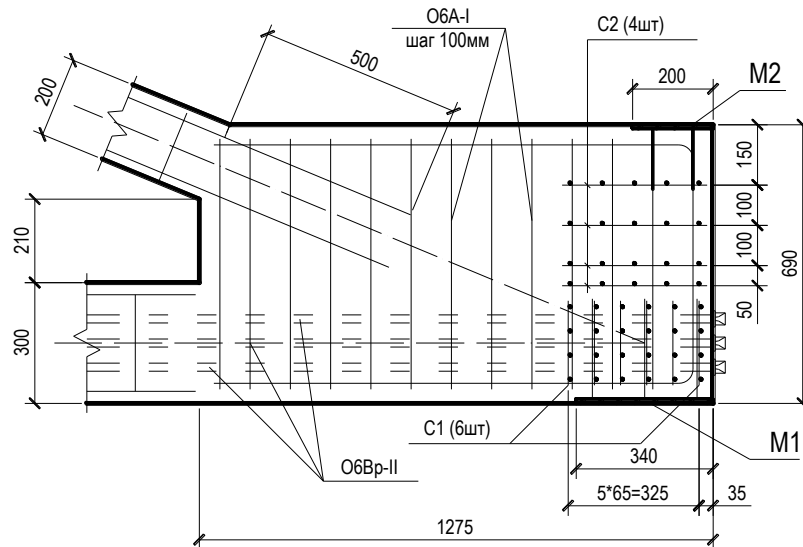


Рисунок 20. Деталь армирования опорного узла.

Опорный узел в метax возникновения дополнительных напряжений необходимо усилить косвенным армированием.

Б) Промежуточный узел.

Рассмотрим первый промежуточный узел, где к верхнему поясу примыкает растянутый раскос, нагруженный максимальным расчетным усилием $N=175кН$. Фактическая длина заделки стержней раскоса за линию ABC $l_1 = 240 мм$, а требуемая длина заделки арматуры $\Phi 18A-III$ составляет $l_{3.a.} = 35d = 35 * 18 = 630 мм$.

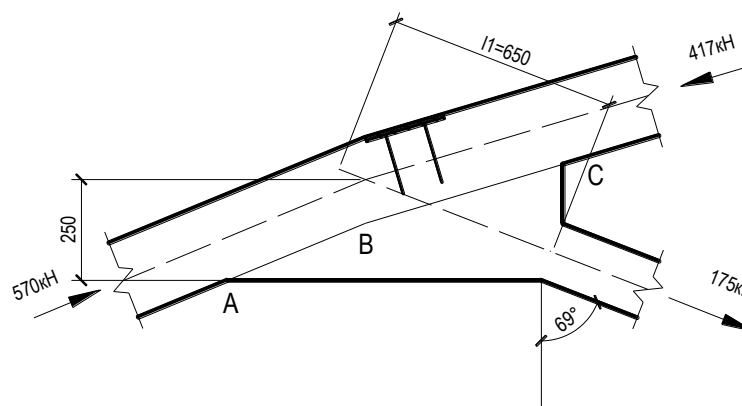


Рисунок 21. Расчетная схема промежуточного узла.

Необходимое сечение поперечных стержней каркасов определяем по формуле:

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист 47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$A_{sw1} \geq \frac{N_x}{nR_{sw}} = \frac{N \left(1 - \frac{k_2 l_1 + a}{k_1 l_{3.a.}} \right)}{nR_{sw} \cos \varphi} = \frac{175 \left(1 - \frac{1 \cdot 24 + 5.4}{0.47 \cdot 63} \right)}{16 \cdot 175 \cdot 10^{-1} \cdot 0.358} = 0.12 \text{ см}^2,$$

где a – условное увеличение длины заделки растянутой арматуры; при наличии на конце корытыша $a = 3d = 3 \cdot 1.8 = 5.4 \text{ см}$;

$k_2 = 1$ для узлов верхнего пояса;

φ – угол между поперечными стержнями и направлением растянутого раскоса, $\varphi = 69^\circ$, $\cos 69^\circ = 0.358$;

$R_{sw} = 175 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление поперечной арматуры А-I растяжению;

$k_1 = \sigma_s / R_s = 172 / 365 = 0.47$;

$\sigma_s = N / A_s = 175 / 10.18 = 172 \text{ МПа}$;

n – количество поперечных стержней в каркасах, пересекаемых линией АВС, при двух каркасах и шаге 100мм $n = 16$.

Назначаем $\emptyset 6\text{А-I}$ через 100мм.

Площадь сечения окаймляющего стержня в промежуточном узле при наличии только одного растянутого раскоса определяем по условию

$$N_{o.a.} = 0.04 D_1 = 0.04 \cdot 175 = 7 \text{ кН},$$

Площадь сечения окаймляющего стержня

$$A_s = \frac{N_{o.a.}}{n_2 R_{o.a.}} = \frac{7000}{2 \cdot 90(100)} = 0.39 \text{ см}^2,$$

где $R_{o.a.} = 90 \text{ МПа}$ во всех случаях, установленное из условия раскрытия трещин;

$n_2 = 2$ – число каркасов в узле или число огибающих стержней в сечении.

Принимаем $\emptyset 10\text{А-III}$.

Аналогично вышеизложенному выполняем расчет и в других узлах. В узлах, где примыкают сжатые раскосы и стойки, проектируем поперечные стержни из конструктивных соображений $\emptyset 6\text{А-I}$ с шагом 100мм, а окаймляющие стержни $\emptyset 10\text{А-III}$.

В) Стык в верхнем поясе.

Т.к. стык работает на сжатие нет необходимости его рассчитывать. Необходимо только центрировать усилие в стержнях через центрирующую пластинку и усилить верхний пояс сетками косвенного армирования.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

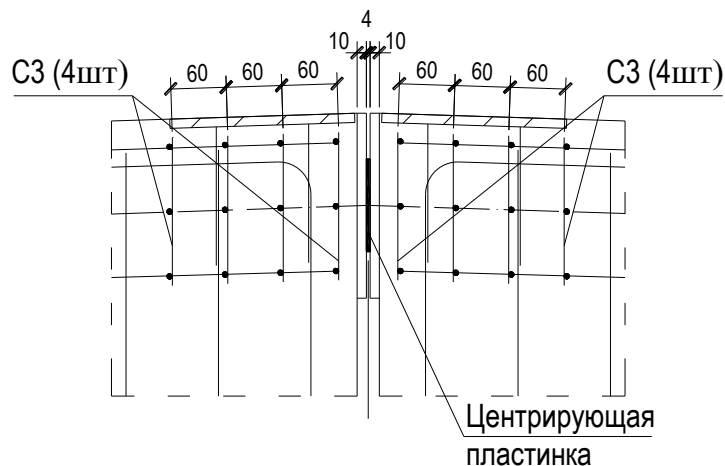


Рисунок 22. Стык верхнего пояса.

Г) Стык нижнего пояса

Стык в нижнем поясе работает на растяжение. Его осуществляют с помощью накладок, приваренных к закладным деталям. Необходимо рассчитать длину сварных швов и подобрать необходимую длину и толщину накладки.

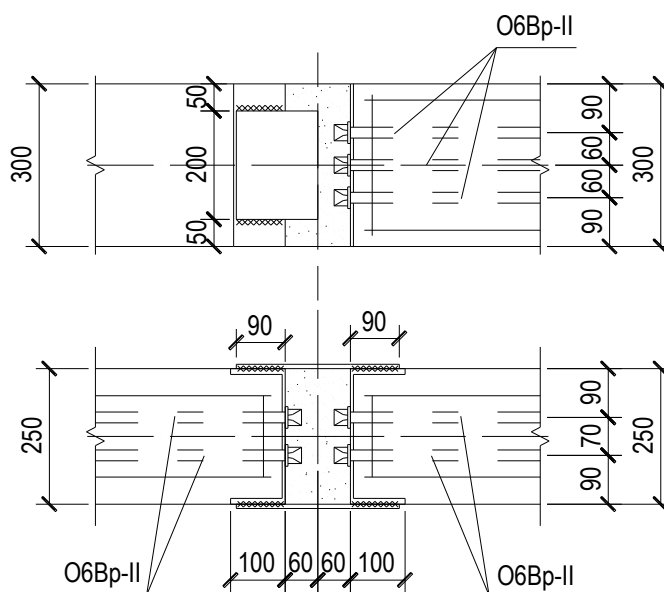


Рисунок 23. Стык нижнего пояса.

Стык воспринимает усилие в нижнем поясе $N = 1096,86 \text{ кН}$.

$$\tau_{ш} = \frac{N}{A_{ш}} = \frac{N}{(\beta \cdot h_{ш}) l_{ш}} \leq R_y \Rightarrow l_{ш} = \frac{N}{n(\beta \cdot h_{ш}) R_y} = \frac{1096,86}{8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 15} = 8,9 \text{ см} \approx 9 \text{ см}$$

β – коэффициент, зависящий от формы шва, глубины проварки, способа сварки, для ручной сварки $\beta = 0,7$;

$h_{ш} = 8 \text{ мм}$ – катет шва; $\tau_{ш} = R_y^{ce} = 15 \text{ кН/см}^2$, n – количество сварных швов.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Принимаем швеллер №25 ($h=250\text{мм}$, $b=95\text{мм}$, $d=5,6\text{мм}$, $t=10,7\text{мм}$), и накладку размером $310*250*8\text{мм}$.

2.2.7 Расчет упоров и закладных деталей

При расчетах упоров чаще всего задаются сперва их размерами, обоснованными конструктивными соображениями: удобством приварки к закладным деталям фермы, типом сопряжения с железобетонной плитой и др.

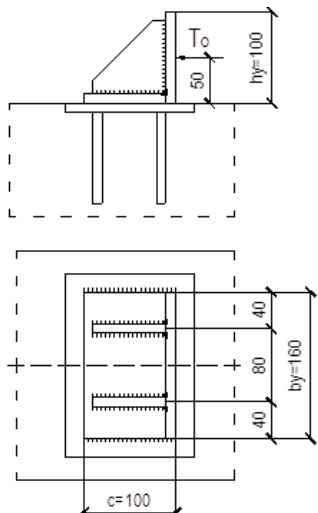


Рис. 24 К расчету жесткого упора.

Сдвигающая сила, которую может воспринять жесткий упор, составляет: $T_0 = 1.6R_b A_{см} = 1,6 \cdot 17 \cdot 10^6 \cdot 0,016 = 435.2\text{кН}$,

где $A_{см} = b_y h_y = 0.16 \cdot 0.1 = 0.016\text{м}^2$ - площадь смятия бетона упором (рис.24);

$R_b = 17\text{МПа}$ - расчетное сопротивление бетона при центральном сжатии;

1,6 - коэффициент, который учитывает, что смятие происходит на части поверхности (местное смятие).

Сдвигающие силы, возникающие при загрузке оболочки, имеют меньшее значение (максимальная из них $345,1\text{кН}$), поэтому в дальнейших расчетах можно принимать $T_0 = 435.2\text{кН}$. Эту сдвигающую силу распределим на 6 упоров по длине панели, тогда на 1 упор придется $T_0 = 435.2 / 6 = 72.53\text{кН}$.

Прочность опорного листа упора, а также прочность сварных швов, прикрепляющих упор к верхнему поясу, должны соответствовать воспринимаемой силе T_0 .

Для расчета опорного листа из него вырезают горизонтальную полоску единичной ширины (1см) и определяют в ней моменты как в двухопорной балочке от распределенной нагрузки

$$q = \frac{T_0}{b_y h_y} = \frac{72.53}{16 \cdot 10} = 0.453\text{кН/см}^2,$$

$$M \approx 0.025 p b_y = 0.025 \cdot 0.45 \cdot 16^2 = 2.88\text{кН} \cdot \text{см}.$$

Проверяем условие прочности, принимая первоначально толщину опорного листа равную 1см

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M \cdot 6}{1 \cdot \delta^2} = \frac{2.88 \cdot 6}{1 \cdot 1^2} = 16.86\text{кН/см}^2 < R_u = 21\text{кН/см}^2.$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Швы, прикрепляющие упор к закладной детали верхнего пояса фермы рассчитывают на сдвигающую силу T_0 и на момент $M = T_0 \cdot e$

$$\tau_{ш} = \frac{T_0}{A_{ш}} \quad \text{и} \quad \sigma_{ш} = \frac{T_0 \cdot e}{W_{ш}},$$

где $A_{ш}$ - площадь сечения швов, $W_{ш}$ - их момент сопротивления.

$$A_{ш} = 2h_{ш} \cdot c = 2 \cdot 0,8 \cdot 10 = 16 \text{ см}^2,$$

$$W_{ш} = 2 \frac{h_{ш}^2 c}{6} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 10^2}{6} = 80 \text{ см}^3,$$

где $h_{ш} = 8 \text{ мм}$ - рабочая толщина шва для листов менее 14 мм,

$$\tau_{ш} = \frac{72,53}{16} = 4,53 \text{ кН/см}^2 \quad \text{и} \quad \sigma_{ш} = \frac{72,53 \cdot 5}{80} = 4,53 \text{ кН/см}^2.$$

Напряжения $\tau_{ш}$ и $\sigma_{ш}$ суммируют. Приближенно определяют главные напряжения

$$\sigma_{ср} = \frac{\sigma_{ш}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{ш}}{2}\right)^2 + \tau_{ш}^2} = \frac{4,53}{2} + \sqrt{\left(\frac{4,53}{2}\right)^2 + 4,53^2} = 7,33 \text{ кН/см}^2 \leq R_{ш} = 15 \text{ кН/см}^2.$$

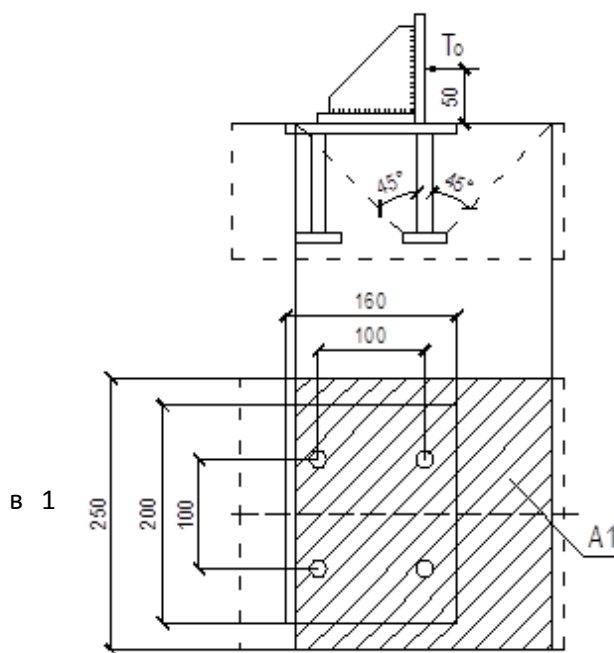


Рис. 25 . К расчету закладной детали.

Далее определим размеры закладных деталей в верхнем поясе фермы, работающих на сдвигающие усилия. Требуется запроектировать нормальные анкера закладной детали и толщину пластины. Принимаем расположение анкеров, как показано на рис. 25.

Поскольку все нагрузки действуют в направлении и не вызывают кручения, определяем суммарную площадь поперечного сечения анкеров наиболее напряженного ряда по формуле

$$A_{ан} = \frac{1,1 \sqrt{N_{ан}^2 + \left(\frac{Q_{ан}}{\lambda \delta}\right)^2}}{R_s},$$

где $N_{ан}$ - наибольшее растягивающее усилие в одном ряду анкеров

$$N_{an} = \frac{M}{z} + \frac{N}{n_{an}} = \frac{3.23}{0.1} = 32.3 \text{ кН} ,$$

$$M = T_0 l = 72.53 \cdot 0.05 = 3.23 \text{ кН} \cdot \text{м} ,$$

Q_{an} - сдвигающее усилие, приходящееся на один ряд анкеров

$$Q_{an} = \frac{T_0 - 0.3N'_{an}}{n_{an}} = \frac{72.53 - 0.3 \cdot 32.3}{2} = 31.42 \text{ кН} ,$$

N'_{an} - наибольшее сжимающее усилие в одном ряду анкеров

$$N'_{an} = \frac{M}{z} - \frac{N}{n_{an}} = \frac{3.23}{0.1} = 32.3 \text{ кН} ,$$

M, N, Q - соответственно момент, нормальная и сдвигающая силы, действующие на закладную деталь;

$z = 0.1 \text{ м}$ - расстояние между крайними рядами анкеров;

$n_{an} = 2$ - число рядов анкеров вдоль направления сдвигающей силы;

λ - коэффициент, определяемый для анкерных стержней диаметром 8-25мм для тяжелого и мелкозернистого бетонов по таблице 28 []. Зададимся диаметром анкеров 12мм, тогда для бетона класса В25 и анкеров $\emptyset 12\text{А-III}$ $\lambda = 0.52$;

δ - коэффициент, определяемый по формуле

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{1+\omega}} = \frac{1}{\sqrt{1+0.308}} = 0.874 > 0.15 .$$

$$\text{При } N'_{an} > 0, \quad \omega = 0.3 \frac{N_{an}}{Q_{an}} = 0.3 \cdot \frac{32.3}{31.42} = 0.308 .$$

Тогда,

$$A_{an} = \frac{1.1 \sqrt{N_{an}^2 + \left(\frac{Q_{an}}{\lambda \delta} \right)^2}}{R_s} = \frac{1.1 \sqrt{32300^2 + \left(\frac{31420}{0.52 \cdot 0.874} \right)^2}}{365} = 230 \text{ мм}^2 .$$

Принимаем по два анкера $\emptyset 14\text{А-III}$ в каждом ряду ($A_{an} = 308 \text{ мм}^2$). Проверим значение A_{an} при коэффициенте, соответствующем принятому диаметру 14мм, т.е. при $\lambda = 0.49$

$$A_{an} = \frac{1.1 \sqrt{32300^2 + \left(\frac{31420}{0.49 \cdot 0.874} \right)^2}}{365} = 241 \text{ мм}^2 > 308 \text{ мм}^2 .$$

Оставляем $\emptyset 14\text{А-III}$.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Определим минимально допустимую длину анкеровки без усиления l_{an} . Для этого вычислим коэффициент δ_3 :

$$\delta_3 = \frac{0.3}{1 + \frac{Q_{an}}{N_{an}}} + 0.7 = \frac{0.3}{1 + \frac{31.42}{32.3}} + 0.7 = 0.852.$$

Определим l_{an} , предполагая «в запас» $\sigma_{bc} < 0.25R_b$, т.е., принимая $\omega_{an} = 0.7$, $\Delta\lambda_{an} = 11$. Значение R_b принимаем с учетом $\gamma_{b2} = 0.9$ (нагрузки непродолжительного действия отсутствуют), т.е. $R_b = 13.05 \text{ МПа}$.

$$l_{an} = \delta_3 \left(\frac{\omega_{an} R_s}{R_b} + \Delta\lambda_{an} \right) d = 0.852 \cdot \left(\frac{0.7 \cdot 365}{13.5} + 11 \right) \cdot 14 = 357 \text{ мм}.$$

Учитывая, что площадь A_{an} принята «с запасом», уточним значение l_{an} :

$$l_{an} = 357 \cdot \frac{241}{308} = 294 \text{ мм} > 200 \text{ мм}.$$

Поскольку при такой длине анкеровки размещение их в верхнем поясе фермы невозможно, требуется уменьшить длину анкеров с устройством на концах усилений. Концы анкеров усиливаем высаженными головками $d_h = 42 \text{ мм} > 3d$ и проверяем бетон на смятие над головкой и на выкалывание, приняв длину анкеров равной $l_{an} = 150 \text{ мм} > 10d = 10 \cdot 14 = 140 \text{ мм}$.

Площадь смятия A_{loc1} под высаженной головкой анкера равна:

$$A_{loc1} = A_{h1} - A_{dh1} = \frac{3.14 \cdot 42^2}{4} - 154 = 1231 \text{ мм}^2.$$

Предположим «в запас», что в верхнем поясе фермы со стороны закладной детали возможно образование трещин. Тогда при $l_a = 150 \text{ мм} < 15d = 15 \cdot 14 = 210 \text{ мм}$ сила смятия

$$N_{loc} = N'_{an1} + \frac{15d - l_a}{l_{an}} \cdot Q'_{an1} = \frac{32.3}{2} + \frac{15 \cdot 14 - 150}{357} \cdot \frac{31.42}{2} = 18.79 \text{ кН}.$$

Примем максимальное значение $\varphi_u = 2.5$ и проверим условие

$$\alpha \cdot \varphi_b \cdot R_b \cdot A_{loc1} = 1 \cdot 2.5 \cdot 13.5 \cdot 1231 = 41546.3 \text{ Н} > N_{loc} = 18790 \text{ Н},$$

т.е. прочность на смятие обеспечена.

При выполнении условия $N'_{an} > 0$ и наличия усиления на концах анкеров расчет бетона на выкалывание производим из условия:

$$N_{an} \leq \frac{\delta_1 \delta_2 A_1 R_{br}}{1 + 3.5 \frac{e}{a}},$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

где A_1 - площадь проекции на плоскость, нормальную анкерам, поверхности выкалывания идущей от усилия анкеров под углом 45° к осям анкеров (см. рис. 4-14).

δ_1 - коэффициент, для тяжелого бетона равный 0,5.

Вычислим значение A_1 :

$$A_1 = (2 \cdot 150 + 42) \cdot 250 - 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 42^2}{4} = 82731 \text{ мм}^2.$$

Усилие $N_{an} = 32,3 \text{ кН}$ приложено в центре тяжести площади A_1 , следовательно, $e=0$.

Проверим условие, пренебрегая «в запас» сжимающими напряжениями бетона (т.е. $\delta_2 = 1$) и учитывая $\gamma_{b2} = 0,9$ (т.е. $R_{br} = 0,945 \text{ МПа}$):

$$\delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A_1 \cdot R_{br} = 0,5 \cdot 1 \cdot 82731 \cdot 0,945 = 39090 \text{ Н} > N_{an} = 32300 \text{ Н}.$$

Принятые расстояния между анкерами в направлении поперек и вдоль сдвигающей силы, соответственно равные $100 \text{ мм} > 5d = 5 \cdot 14 = 70 \text{ мм}$ и $100 \text{ мм} > 7d = 7 \cdot 14 = 98 \text{ мм}$, удовлетворяют требованиям норм. Расстояние от оси анкера до грани верхнего пояса фермы, равное $75 \text{ мм} > 3,5d = 3,5 \cdot 14 = 49 \text{ мм}$, также удовлетворяет требованиям норм.

Конструкция упора, приваренная к закладной детали, обеспечивает равномерное распределение усилий между растянутыми анкерами и равномерную передачу сжимающих напряжений на бетон, не вызывая изгиба пластины закладной детали. Из условия механизированной дуговой сварки под флюсом толщина пластины должна быть не менее $0,65d = 0,65 \cdot 14 = 9,1 \text{ мм}$.

Принимаем толщину пластины $t = 14 \text{ мм}$.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

3.ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

3.1. Технологическая карта на монтаж оболочки положительной кривизны размером 24×36м

3.1.1. Область применения

Технологическая карта составлена на комплексный процесс: доставку и подачу под монтаж конструкций оболочки, укрупнительную сборку контурных элементов, установку, выверку и временное закрепление ферм, установку опалубки и бетонирование скорлупы оболочки. Оболочка имеет размер в плане 24×36м и высоту до низа стропильных конструкций 8,23м. Вес железобетонных ферм пролетом 24м 12,57т, вес ферм пролетом 36м 19,86т.

Карта составлена для монтажа оболочки в Iг строительного-климатической зоне с обычными геологическими условиями. Монтаж производится стреловым краном на гусеничном ходу в летнее время после установки колонн и окончания работ по возведению подземной части здания, включая устройство бетонной подготовки под полы.

3.2. Организация и технология строительного процесса

Состав работ

1. Укрупнительная сборка ферм пролетом 36м -	2шт
2. Монтаж ферм пролетом 36м массой 19,86т -	2шт
3. Монтаж ферм пролетом 24м массой 12,57т -	2шт
4. Монтажная сварка стыков ферм с колоннами -	5,6м
5. Установка подмостей поддерживающих опалубку -	374м
6. Установка пневматической опалубки -	917,56м ²
7. Разборка опалубки с очисткой -	917,56м ²
8. Установка арматурных сеток -	100шт.
9. Установка арматурных каркасов -	80шт
10. Монтаж оборудования для бетонирования -	30м
11. Разборка оборудования для бетонирования -	30м
12. Подача бетонной смеси к месту укладки -	60,66м ³
13. Укладка бетонной смеси в конструкцию	60,66м ³
15. Поливка бетонной поверхности водой за 1 раз -	917,56м ²

Требования законченности подготовительных и предшествующих работ

До начала монтажа конструкций оболочки необходимо выполнить следующие работы:

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

- закончить возведение подземной части здания;
- смонтировать и закрепить в соответствии с рабочими чертежами колонны;
- закончить устройство бетонной подготовки под полы;
- смонтировать сеть для освещения всей территории строительной площадки, проезда и рабочих мест;
- подготовить инвентарь, приспособления и средства для безопасного ведения работ;
- получить документацию на монтаж ферм и панелей покрытия с транспортных средств (технологическую документацию и графики доставки и монтажа конструкций);
- разместить на строительной площадке подъемно-транспортное оборудование.

Требования к технологии производства работ

Укрупнительная сборка контурных элементов

До начала монтажа осуществляется укрупнение контурных ферм оболочек пролетом 36м из полуферм по18м. Стенд для укрупнительной сборки ферм пролетом 36м состоит из одной парной и четырех одиночных стальных кассет. Парная кассета состоит из одной парной и четырех одиночных цельносварных кассет. Парная кассета состоит из одиночных цельносварных кассет, соединенных болтами и хомутами. Положение элементов ферм в парной кассете регулируется винтовыми домкратами и регулировочными винтами, а положение укрупняемых элементов в одиночных кассетах – с помощью подкладок и деревянных клиньев.

Работы по укрупнительной сборке выполняются в такой последовательности:

- нижний пояс стыкуемых контурных элементов устанавливается в кассеты в вертикальном положении на подкладки, обеспечивающие необходимый строительный подъем (1:1000 общей длины контурного элемента);
- с помощью кронштейнов и зажимных винтов элементы решетки, нижнего и верхнего поясов контурных ферм приводят в проектное положение, при этом должна обеспечиваться необходимая соосность стыкуемых арматурных стержней (их осевое смещение не должно превышать 0,3 диаметра стержня);
- обеспечивается возможность качественного бетонирования стыка, для чего закладные детали верхнего пояса должны устанавливаться друг против друга с зазором не менее 10мм, зазор между стыкуемыми стержнями должен составлять 0,3...0,5 диаметра;
- свариваются стыкуемые стержни нижнего пояса, привариваются накладки к закладным деталям верхнего пояса одной из полуферм;
- стыки зачеканиваются мелкозернистым жестким раствором на быстротвердеющем цементе;
- по достижении раствором 70% проектной прочности нагрузка от собственного веса укрупняемых элементов передается на крайние опоры, и стыки обжимаются;
- в соответствии с требованиями проекта накладки привариваются к закладным деталям укрупняемых элементов.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

После выполнения этих работ бетонируют стыки нижнего пояса контурных ферм. Для ускорения твердения бетона в стыках рекомендуется использовать электропрогрев. Для сварки рабочих стержней нижнего пояса из стали А-III применяют электроды типа Э50А, а для сварки накладок верхнего пояса – электроды Э42А, удовлетворяющие требованиям соответствующих ГОСТов.

По окончании укрупнительной сборки контурных ферм составляются акты на скрытые работы, и разрешается установка контурных элементов в проектное положение.

Монтаж контурных элементов

До подъема ферм на колонны:

- устанавливают наклонные лестницы с площадками вблизи узлов крепления ферм к колоннам, подготавливают места установки ферм,
- очищают конструкции от грязи и снега, а стальные закладные детали – от ржавчины и наплывов бетона,
- наносят установочные риски на торцах ферм и на оголовках колонн,
- размечают места установки опалубки на верхний пояс ферм.

Монтаж конструкций начинают только после тщательной инструментальной разбивки осей, проверки отметок и положения в плане и закладных деталей.

Процесс монтажа контурных ферм включает подачу конструкций к месту монтажа, подготовку их к подъему, строповку, подъем и установку на опоры, выверку и временное закрепление, окончательное закрепление в проектное положение.

Фермы пролетом 24м монтируют гусеничным самоходным краном СКГ -100 с транспортных средств, а пролетом 36 м – с места укрупнительной сборки. Доставляют фермы в вертикальном положении на фермовозе ПКБ Главмосавтотранса. Подъем ферм пролетом 24 и 36 м осуществляется траверсами грузоподъемностью соответственно 20 и 25 т со специальными захватными устройствами для автоматической расстроповки. Фермы поднимают за 4 точки. Фермы пролетом 24 м в процессе подъема перед установкой приходится разворачивать. Расстроповку контурных ферм производят только после их окончательного закрепления.

При монтаже фермы закрепляют на время монтажа тросовыми расчалками. Расчалки можно снимать с ферм после окончания бетонирования оболочки.

Производство опалубочных работ

Для возведения оболочки применим пневматическую опалубку. *Пневматическая опалубка* предназначена для возведения купольных и сводчатых тонкостенных конструкций с обычным сетчатым армированием. Опалубку выполняют из прорезиненной ткани толщиной 0,3...0,5 мм.

Опалубку раскраивают по специальным выкройкам, затем сшивают, а швы проклеивают тем же материалом. Опалубку закрепляют по контурным элементам, а затем в нее нагнетают воздух

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

под давлением 0,005 МПа с помощью компрессора. Бетон наносят набрызгом. Когда бетон приобретает проектную прочность, воздух из опалубки стравливают и отделяют ее от бетона.

Поддерживающими опалубку конструкциями являются леса. Высота поддерживающих лесов составляет 8...10м. Стойки и прогоны лесов выполнены из брусев 100×100мм, а связи – из досок 30×120мм. Настилы инвентарные, изготовленные из досок толщиной 30 мм. Нарращивают стойки при помощи стальной муфты, снабженной стопорными винтами, которые фиксируют положение деревянных стоек и закрепляют инвентарные дощатые связи по двум направлениям. Связи, устанавливаемые на уровне стыка стоек, должны иметь заклинивающие приспособления. Стойки располагаются на расстоянии 1м друг от друга.

Для сокращения расхода древесины и снижения трудоемкости работ используют инвентарные крепления деревянных элементов лесов.

При поступлении опалубки на строительную площадку бухгалтерия принимает её на учет наравне с прочим инвентарем. Для наблюдения за эксплуатацией такой опалубки следует выделять ответственное лицо из состава технического персонала стройки. В обязанности этого работника входит оценка качества принятой конструкции опалубки, для выявления её достоинств и недостатков.

Опалубка после употребления должна быть подготовлена к дальнейшему использованию, для чего необходимо осторожно и тщательно очистить ее от налипшего бетона и проверить на наличие дефектов.

Перед началом эксплуатации на опалубку, соприкасающуюся с бетоном, наносят смазку, предотвращающую ее сцепление с бетоном. Смазка должна отвечать требованиям:

- не оставлять маслянистых пятен на бетоне;
- не уменьшать прочности поверхностного слоя бетона;
- быть безопасной в пожарном отношении;
- не содержать вещества вредные для здоровья;
- держаться на наклонных поверхностях не менее 24ч при температуре 30°С.

Смазку готовят в ремонтной мастерской. Состав смазки: автол 1...2части, мыло хозяйственное 1...2части, вода 8...10частей. Оборудование для приготовления смазки – вибрационный диспергатор. Для покрытия поверхности опалубки смазкой используется пневмопистолет - распылитель. Сопло пистолета располагают на расстоянии 0,8...1м от палубы.

Арматурные работы

Арматуру для монолитной железобетонной оболочки изготавливают в виде сварных рулонных сеток, плоских каркасов и отдельных стержней. Для армирования применяется арматура из стали класса А-I, А-III – каркасы, Вр-I – сетки.

Процесс заводского производства арматурных изделий полностью механизирован и частично автоматизирован. Он состоит из заготовительных и сборочных операций. К

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

заготовительным операциям относится правка, чистка, резка, гнутьё и сварка арматурной стали. К сборочным операциям относится сварка рулонных сеток.

Для соединения между собой стержней арматуры применяется контактная дуговая сварка и ванная ручная сварка под флюсом.

Поступающая на объект арматура должна подвергаться осмотру и замерам на соответствие её ГОСТу.

Транспортирование арматурных изделий производят автомобильным транспортом с соблюдением мер, предохраняющих её от деформации. Для этого используют деревянные подкладки. Сварные каркасы перевозят панелями или на специальных поддонах и в контейнерах. Доставленные на строительную площадку арматурные изделия разгружаются, комплектуются, и складироваться.

До начала монтажа арматуры должна быть произведена проверка опалубки, выявленные дефекты должны быть устранены.

Арматура должна монтироваться в последовательности, обеспечивающей её правильное положение и закрепление. Перед установкой каркасов на них должны быть закреплены подкладки, обеспечивающие необходимый защитный слой между арматурой и опалубкой. Армирование плит рулонными сетками производят с опиранием сеток на бетонные подкладки через 0,8...1м.

Монтаж арматуры необходимо вести с обеспечением, предусмотренным проектом толщины защитного слоя и расстояния между рядами арматуры. После выверки положения каркасов стержни их соединяют сваркой.

Арматуру на объекте монтируют в специализированные звенья в составе комплексной бригады. В данном случае монтаж арматуры производит звено из 4-х арматурщиков IV и II разрядов.

Смонтированная арматура должна быть закреплена от смещения и предохранена от повреждений, которые могут произойти в процессе производства работ по бетонированию оболочки.

Приёмка смонтированной арматуры, а также сварных соединений должна осуществляться до укладки бетона и оформляться актом освидетельствования скрытых работ. В акте указываются номера рабочих чертежей, отступление от проекта и основания для этого, а также приводят заключение о возможности бетонирования конструкции.

Контроль качества сварных соединений сводится к их наружному осмотру и последующему механическому испытанию сварных соединений, вырезаемых из конструкции, или к проверке с помощью не разрушающих методов.

Бетонирование оболочки

Бетонирование оболочки производится методом торкретирования. Торкретирование применяют при возведении с односторонней опалубкой тонкостенных железобетонных конструкций.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Торкретирование заключается в нанесении под давлением сжатого воздуха одного или нескольких слоев цементно-песчаного раствора (торкрета). Торкретирование выполняем бетонной смесью на плотных заполнителях по армированной поверхности.

В состав бетонной смеси входят цемент, песок и крупный заполнитель размером не более 40 мм, а также добавки, ускоряющие схватывание и твердение бетонной смеси. Бетонную смесь для торкретирования готовят на портландцементе марки 500. Из ускорителей схватывания и твердения цемента применяем хлористый кальций и некоторые другие добавки, вводимые в воду затворения. При нанесении бетонной смеси методом торкретирования на горизонтальную поверхность сверху вниз толщина слоя не ограничивается.

Оборудование для торкретирования (рисунок 26) состоит из машины для набрызга 4, компрессора 1, воздухоочистителя 3, бака 8 для воды, шлангов 2, 5 и 7, сопла 6. Загруженная в машину 4 сухая смесь цемента и заполнителей под давлением сжатого воздуха поступает по шлангу 5 к соплу 6 и смешивается с водой, образуя растворную (бетонную) смесь, а затем с большой скоростью вылетает из сопла наружу. Сжатый воздух поступает от компрессора. Приготавливают сухую смесь в смесителях.

Вода подается к соплу шлангом 7 под давлением, превышающим на 0,5—1,5 кгс/см² давление воздуха в машине. Частицы бетонной смеси, вылетая из сопла, ударяются о торкретируемую поверхность и остаются на ней, образуя плотный слой торкрета. Некоторая часть бетонной смеси, называемая отскоком и состоящая главным образом из песчинок и гравия, отскакивает от поверхности и падает у места торкретирования.

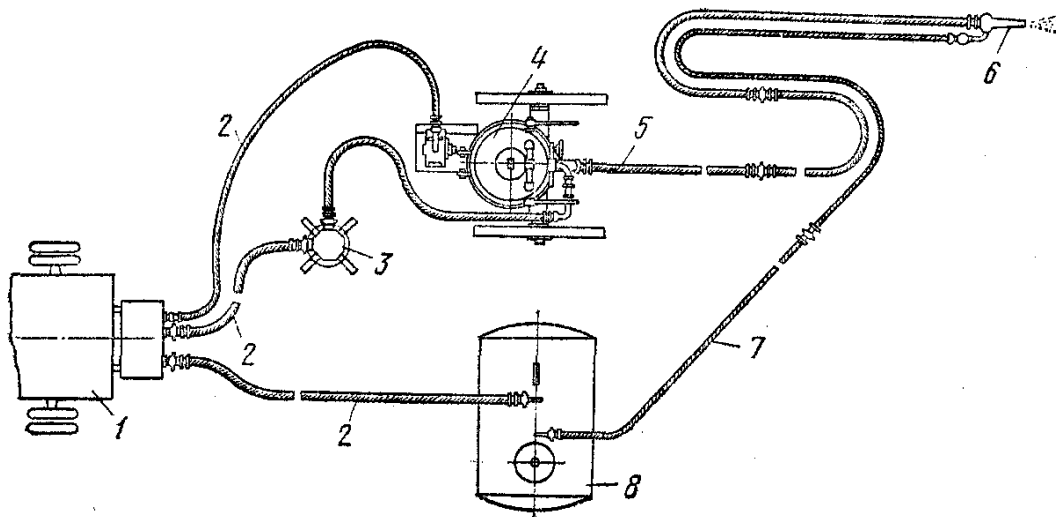


Рисунок 26. Схема установки для бетонирования оболочки.

1 — передвижной компрессор, 2 — шланги для подачи воздуха, 3 — воздухоочиститель
4 — машина для набрызга, 5 — шланг для подачи материала, 6 — сопло, 7 — шланг
для подачи воды, 8 — бак для воды

Расход воды регулируют с таким расчетом, чтобы свежеприготовленная смесь для бетонирования не сползала с поверхностей оболочки, а отскок частиц был минимальным. Уменьшение отскока достигается также регулированием давления воздуха в машине.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист 61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для уменьшения отскока и улучшения смачивания сухой смеси в сопле применяют поверхностно-активные добавки (например, мылонафт) в количествах, определяемых предварительными опытами.

Бетонирование будем производить машиной БМ-70, которая предназначена не только для набрызга, но и для подачи бетонной смеси за опалубку. Производительность машины при набрызге достигает 6 м³/ч, а при укладке бетонной смеси за опалубку 12 м³/ч.

Машина БМ-70 позволяет применять заполнители с максимальным размером зерен до 40 мм при укладке бетонной смеси за опалубку и 30 мм для набрызга. Максимальная дальность подачи сухой смеси по горизонтали машиной БМ-70 составляет 200 м, а по вертикали - 50 м. Сухая бетонная смесь транспортируется по шлангу под давлением сжатого воздуха до 5 кгс/см². Машина БМ-70 оборудована поворотным гидравлическим грейферным устройством для загрузки сухой бетонной смеси в приемный бункер.

Для обеспечения хорошего сцепления бетонной смеси с опалубкой с последней удаляют крупные неровности, очищают и промывают водой под давлением.

До начала торкретирования устанавливают арматуру, закрепляя ее от смещений, и защитные щитки на прилежащих к торкретируемым площадям сооружениях. Регулируют подачу воды и величину давления воздуха в машине пробным нанесением смеси на переносной щит.

При нанесении бетонной смеси сопло машины держат на расстоянии 1—1,2 м от опалубки. Струю направляют перпендикулярно поверхности. Во время работы сопло непрерывно перемещают круговыми движениями.

Криволинейные поверхности торкретируют снизу вверх. Толщину наносимого слоя контролируют по маякам. Величины допускаемых перерывов при торкретировании смежных слоев устанавливает строительная лаборатория. Если торкретируемая поверхность большая и необходимо устройство рабочих швов, то торкретирование на каждом участке производят на всю проектную толщину, а стыки отдельных слоев располагают вразбежку (с небольшим смещением один относительно другого), образуя ступенчатый рабочий шов.

После укладки бетонной смеси следует период выдерживания, который длится до приобретения бетоном необходимой прочности. В этот период должны быть созданы благоприятные температурно-влажностные условия для его твердения. В летних условиях при температуре воздуха свыше 15 °С первые трое суток бетон поливают через каждые три часа, затем до трех раз в сутки. Открытые поверхности бетона защищают от солнца пленками. Не допускается движение людей на забетонированной конструкции до приобретения бетоном прочности не менее 1,5 МПа.

Поверхность нанесенного торкретированием слоя обрабатывают (выравнивают или затирают) после его затвердевания.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Организация труда рабочих и технологические схемы монтажа оболочки

Работы по монтажу конструкций оболочки выполняются в две смены. При установке ферм в первую смену работает звено, состоящее из семи человек (монтажник конструкций бр.-1, 4р.-2, 3р.-1, 2р.-1, электросварщик 5р.-1, машинист крана бр.-1), во вторую смену такое же звено, но вместо бригадира монтажника 6-го разряда работает звеньевой 5-го разряда. Звено разделяется на две группы: в первой группе три монтажника (6-го р. – 1, 3р. – 1, 2р. – 1), во второй - два монтажника 4 разряда и сварщик 5-го разряда.

Первая группа последовательно выполняет следующие операции: подготавливает кран к монтажу, проверяет размеры конструкций, наличие и правильность расположения закладных деталей, нанесение монтажных рисок, стропует и закрепляет конструкцию во время монтажа.

Вторая группа подготавливает конструкцию к подъему (производит укрупнительную сборку, очищает конструкцию и закладные детали), устанавливает наклонные лестницы на колонны, готовит места опирания конструкций, устанавливает конструкцию в проектное положение, прихватывает и сваривает конструкции, производит расстроповку. Сначала производят укрупнительную сборку первой фермы пролетом 36м. По сигналу звеньевой крановщик устанавливает кран в рабочее положение. Первая группа монтажников с помощью специальной траверсы стропует ферму с приставных лестниц, привязывает концы расстроповочных тросиков к опорным концам ферм и закрепляет в середине верхнего пояса фермы пару тросовых расчалок. Затем звеньевой подает команду крановщику поднять ферму. В это время монтажники второй группы поднимаются к месту установки ферм на уже смонтированные перекрытия. Крановщик с помощью гибкого манипулятора наводит ферму краном на колонны, и монтажники второй группы устанавливают ее по монтажным рискам, при необходимости корректируя положение фермы монтажными ломиками. Два монтажника первой группы закрепляют в это время свободные концы тросовых расчалок к якорям и натягивают расчалки с помощью талрепа. После проверки звеньевым правильности установки, выверки и закрепления фермы монтажники второй группы приваривают закладные детали фермы к колоннам, расстрапливают ферму, и кран освобождается. Далее крановщик снова приводит кран в рабочее положение и устанавливает две полуфермы в стенд для укрупнительной сборки. Кран переходит на стоянку №2 и приступает к монтажу остальных ферм. Монтаж второй и третьей фермы пролетом 24м производится аналогично первой, только монтаж ведется с транспортного средства и монтажники второй группы поднимаются к месту установки фермы на площадки приставных лестниц, закрепленных к колоннам.

Установка арматуры и бетонирование оболочки производится комплексно. Работы производятся также в две смены комплексной бригадой. В первую и вторую смену работают звенья, состоящие из 7 человек: арматурщики 3р.-1, 2р.-2, машинист бетононасосной установки 4р.-1, бетонщики 4р-1, 2р-2. Звено делится на три группы:

1-я группа: арматурщики 3р.-1, 2р.-2;

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

2-я группа: машинист бетононасосной установки 4р.-1, бетонщик 2р-1;

3-я группа: бетонщик 4р-1, 2р.-1.

Первая группа выполняет подноску и укладку бетонных прокладок с закреплением, установку сеток и каркасов краном, выверку устанавливаемых сеток и каркасов.

Вторая группа осматривает и регулирует бетононасосную установку, производит подачу бетонной смеси к месту ее распределения в конструкции с отсоединением и перестановкой звеньев бетоновода, наблюдает за работой бетононасоса и бетоновода в процессе работы и ликвидация пробок.

Третья группа принимает бетонную смесь, укладывает бетонную смесь непосредственно на место укладки, или разравнивает бетонную смесь с частичной ее перекидкой, заглаживает открытую поверхность бетона.

Поверхность оболочки разделена на захваты таким образом, чтобы при переходе от одной захватки к другой не прошло время схватывания бетона. Количество захваток – 24шт. Бетонщики начинают бетонирование, после того как арматурщики установят арматурные сетки на 1-й захватке и начнут работу на второй. Бетонщики двигаются в том же направлении, только всегда отстают на одну захватку.

Схема бетонирования конструкции представлена в графической части на листе 5.

График производства работ составлен с расчетом на пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями.

3.1.3. Контроль качества и приемка работ

Контроль качества и приемку работ проводят согласно СП [10].

Для того чтобы обеспечить высокое качество бетона в сооружении, на строительстве ведут систематический контроль качества бетона.

Строительная лаборатория регулярно контролирует правильность состава приготовляемой бетонной смеси.

Подвижность бетонной смеси проверяют не реже двух раз в смену у мест ее приготовления и укладки. Каждая строительная организация производящая бетонные работы, обязана вести журнал бетонных работ. При приемке бетонных работ записи в журнале позволяют проверить, насколько технически правильно проводились эти работы. При приемке работ осуществляют, прежде всего внешний осмотр забетонированной конструкции (нет ли раковин, оголений арматуры, расслоения бетона и т. п.).

Затем проверяют качество и однородность бетона простукиванием металлическим молотком (хороший бетон дает чистый звонкий звук, плохой — глухой).

Основным методом контроля качества бетона при производств работ остается метод испытания контрольных образцов, имеющих форму кубов (с ребром 100 150; 200; 300мм), на сжатие. Контрольные образцы изготовляют как у места приготовления бетонной смеси, так и у

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

места ее укладки в конструкцию. Порядок изготовления образцов и оценки прочности бетона по результатам их испытаний устанавливают специальные стандарты и инструкции.

Если освидетельствование бетона в натуре и испытания контрольных образцов не дают уверенности в том, что качество бетона в сооружении отвечает заданным требованиям, конструкции испытывают пробной нагрузкой.

Одновременно с определением качества бетона выполняют обмер конструкции и устанавливают соответствие фактических размеров указанным в чертежах. При этом руководствуются следующими допусками, мм:

- Отклонение плоскостей и линий их пересечения от вертикали или от проектного наклона на всю высоту конструкции20мм
- Отклонение горизонтальных плоскостей от горизонтали.....10мм
- Местные отклонения верхней поверхности бетона от проектной при проверке конструкции рейкой длиной 2 м (кроме опорных поверхностей)..... 5мм
- Отклонение в длине или пролете элементов..... ±20мм
- Отклонения в размерах поперечного сечения..... +6, -3мм
- Разница отметок по высоте на стыке двух смежных поверхностей..... 3мм

Несоблюдение правил производства бетонных работ приводит к появлению ряда дефектов железобетонной конструкции. Некоторые из них — раковины, гравелистая поверхность бетона, неровности — могут быть устранены последующим исправлением.

При заделке раковин полностью отбивают и выбирают весь слабый и рыхлый бетон, полностью обнажая «здоровый» бетон. Поверхность раковин прочищают проволочной щеткой и тщательно промывают струей воды, после чего устанавливают и укрепляют местную опалубку.

Бетонную смесь применяют с мелким щебнем или гравием (крупностью до 20 мм); ее лучше всего подавать сверху через «карман» или воронку, прикрепленную к опалубке.

Нельзя замазывать крупные раковины густым раствором, так как это не устраняет дефекта в бетоне, а только скрывает его. Не следует заделывать раковины цементным раствором или тестом, так как вследствие усадки раствора или теста при твердении в местах соединения с бетоном появятся трещины.

Мелкие раковины, образующие неровную гравелистую поверхность бетона, можно затирать раствором после прочистки щетками и промывки.

Неровности исправляют насечкой поверхности и последующими прочисткой, промывкой и заштукатуриванием.

Поступающая от заводов-изготовителей арматура подлежит обязательной приемке. Приемка заключается в сопоставлении результатов внешнего осмотра и замера с данными, приведенными в сертификатах.

Гарантия завода-изготовителя в отношении качества стали, как правило, подтверждается специальным документом-сертификатом, где указывают наименование завода-изготовителя, номер партии поставляемой арматуры, дату выпуска, класс и марку стали, ее химический состав, диаметр и механические свойства. Сертификат должен быть приложен к каждой партии поставляемой арматуры.

Контрольные испытания при приемке арматуры необходимо выполнять в следующих случаях: сталь поступила без сертификата; есть сомнения в правильности данных, содержащихся в сертификате; сталь предназначены для использования в качестве напрягаемой арматуры; в проекте изготовления конструкций оговорена обязательность контрольных испытаний.

В этих случаях арматуру разделяют на партии. В партию входит арматура, доставленная одновременно с одного завода, у которой одинаковы: класс, марка и технология упрочнения стали, диаметр и профиль стержней. Перед использованием арматуры с нее должны быть удалены окалина, ржавчина, а также масло, краска и другие загрязнения.

Сталь в мотках, употребляемая после обработки на правильно-отрезных станках не требует дополнительной очистки.

Поступающую после проверки по сертификатам арматуру размещают на складе отдельно по маркам, видам (диаметру и длине). При этом не допускается укладывать ее на земляной пол. Не рекомендуется многократный перенос проволоки с холода в тепло, что приводит к ее ржавлению (следует отметить, что тонкий слой ржавчины, легко поддающийся удалению, не является дефектом арматуры).

Способы укладки и хранения должны обеспечивать полную сохранность изделий, удобство и низкую стоимость всех складских операций, а также быстроту и удобство учета и контроля материалов на складе.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Операционный контроль качества работ.

Таблица 5-1

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объём).	Время контроля	Ответственный за контроль.	Технологические критерии оценки
1	2	3	4	5	6
Опалубочные работы.					
Подготовительные работы.	Проверить: <ul style="list-style-type: none"> ▪ наличие документа о качестве на опалубку; ▪ наличие ППР на установку и приёмку опалубки; ▪ качество подготовки и отметки несущего основания; ▪ наличие и состояние крепёжных элементов, средств подмащивания. 	Визуальный.	В процессе выполнения работ.	Мастер (прораб), геодезист.	
Сборка опалубки.	Контролировать: <ul style="list-style-type: none"> ▪ соблюдения порядка сборки, установки крепёжных элементов, средств подмащивания; ▪ плотность сопряжения опалубки с контурными элементами; ▪ соблюдение геометрических размеров опалубки; ▪ надёжность крепления опалубки. 	Технический осмотр, рулетка. Измерит-ый, линейка метал-я. Техн. осмотр.	В процессе выполнения работ.	Мастер (прораб).	Отклонение при установке опалубки: 5.5мм.
Приёмка опалубки.	Проверить: <ul style="list-style-type: none"> ▪ соответствие геометрических размеров опалубки проектным; ▪ положение опалубки относительно разбивочных осей в плане и по вертикали, в т.ч. обозначение проектных отметок верха бетонизируемой конструкции внутри поверхности опалубки; ▪ правильность установки и надёжность всей системы в целом. 	Измерит-й, рулетка. Измерительный рулетка, нивелир, теодолит, линейка метал-ая. Технический осмотр.	В процессе выполнения работ.	Мастер (прораб), геодезист.	Прогиб собранной опалубки 1/500 пролетов

Подготовительные работы.	<p>Проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ наличие документа о качестве; ▪ качество арматурных изделий; ▪ качество подготовки основания. 	Визуальный. То же . То же.	В процессе выполнения работ.	Мастер (прораб).	
Установка арматурных изделий.	<p>Контролировать:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ порядок сборки элементов арматурного каркаса; ▪ качество выполнения сварки узлов каркаса; ▪ точность установки арматурных изделий в плане и по высоте, надёжность их фиксации; ▪ величину защитного слоя бетона. 	Технический осмотр всех элементов, отвес, рулетка, линейка метал-я.	В процессе выполнения работ.	Мастер (прораб).	<p>Допускаемые отклонения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ в расстоянии между рабочими стержнями 10мм; ▪ в расстоянии между рядами арматуры 10 мм; ▪ суммарной длины сварных швов на стыке стержней для А-I 6мм, для А-III – 8мм; ▪ от проекта толщины защитного слоя +15мм и - 5мм.
Приёмка выполненных работ.	<p>Проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ соответствие положения арматурных изделий проектному; ▪ величину защитного слоя бетона; ▪ надёжность фиксации арматурных изделий в опалубке; ▪ качество выполнения сварки узлов каркаса. 	Визуальный, измерительный, технический осмотр, отвес, рулетка, линейка метал-ая.	В процессе выполнения работ.	Мастер (прораб).	<p>Допускаемые отклонения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ в расстоянии между рабочими стержнями 10мм; ▪ в расстоянии между рядами арматуры 10 мм; ▪ суммарной длины сварных швов на стыке стержней для А-I 6мм, для А-III – 8мм; ▪ от проекта толщины защитного слоя +15мм и - 5мм.

Бетонные работы

<p style="text-align: center;">Подготовительные работы.</p>	<p style="text-align: center;">Проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ наличие актов на ранее выполненные скрытые работы; ▪ правильность установки и надёжность закрепления опалубки, поддерживающих лесов, креплений; ▪ подготовленность всех механизмов и приспособлений, обеспечивающих производство бетонных работ ; ▪ чистоту основания и поверхности опалубки; ▪ наличие на поверхности опалубки смазки; ▪ состояние арматуры, соответствие положения установленных арматурных изделий проектному; ▪ выносу проектной отметки верха бетонирования. 	<p>Визуальный. Технический осмотр. Визуальный. Визуальный. Технический осмотр, измерит-й, нивелир, отвес, рулетка.</p>	<p style="text-align: center;">В процессе выполнения работ.</p>	<p style="text-align: center;">Мастер (прораб).</p>	
<p style="text-align: center;">Укладка бетонной смеси, твердения</p>	<p style="text-align: center;">Контролировать:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ качество бетонной смеси; ▪ состояние опалубки; ▪ высоту укладки бетонной смеси, толщину укладываемых слоёв, правильность выполнения рабочих швов; ▪ температурно-влажностный режим твердения бетона; ▪ фактическую прочность бетона и сроки распалубки; 	<p>Лабор-ный. Технический осмотр. Измерить-й (2 раза в смену). Измерит-й. Измер-ный.</p>	<p style="text-align: center;">До укладки в конструкцию. Мастер в процессе выполнения работ.</p>	<p style="text-align: center;">Инженер лабор. поста мастер (прораб)</p>	
<p style="text-align: center;">Приёмка выполненных работ.</p>	<p style="text-align: center;">Проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ фактическую прочность бетона; ▪ качество поверхности конструкций; её геометрические размеры, соответствие проектному положению всей конструкции; ▪ соответствие конструкции рабочим чертежам; ▪ качество применяемых в конструкции материалов и изделий. 	<p>Лабор-ый. Визуальный. Измерит-й, нивелир, отвес, рулетка, линейка металл-ая, 2-х метр-я рейка .</p>	<p style="text-align: center;">В процессе выполнения работ.</p>	<p style="text-align: center;">Инженер лабор. поста мастер (прораб).</p>	

3.1.4. Техника безопасности.

Все работы на строительной площадке выполняют в строгом соответствии со [11].

При подаче бетонной смеси необходимо до начала работ испытать оборудование при гидравлическом давлении, превышающем в 1,5 раза рабочее давление. Оборудование следует связать сигнализацией с местом укладки бетонной смеси.

Во время работы оборудования запрещено шуровать смесь в горловине приемного бункера насоса. Очищают бетоновод водой.

Для предотвращения падения смеси мимо загрузочной воронки в уровне воронки делают сплошной настил, окружающий ее со всех сторон, или устанавливают защитные козырьки.

При укладке бетонной смеси на высоте более 3 м при отсутствии ограждений (например, при исправлении дефектов бетонирования и т. д.) бетонщик обязательно закрепляется за конструкции предохранительным поясом. Места для закрепления пояса определяет технический персонал. Предохранительные пояса должны иметь соответствующие бирки; при их отсутствии пояса необходимо испытать на прочность.

Работу по бетонированию с наружных лесов нельзя выполнять при сильном ветре (скорость 11...12 м/с), во время грозы, а также при наступлении темноты, если рабочее место недостаточно освещено.

К работе допускают только тех работников, которые прослушали инструктивный курс по технике безопасности и сдали соответствующие экзамены.

Рабочее место должно быть свободно от материалов, мусора, отходов производства, хорошо освещены. Для опалубочных работ норма освещенности составляет 25 лк. Работать в неосвещенных местах запрещено.

Рабочих снабжают предохранительными поясами с карабинами и указывают места надежного закрепления цепи или каната предохранительного пояса.

Опалубка и поддерживающие ее леса должны быть прочны и устойчивы, для чего их необходимо выполнять в полном соответствии с проектом. Допустимые нагрузки на настилы устанавливают расчетом. Суммарный вес материалов, находящихся людей и транспортных средств не должен превышать допустимых нагрузок. Скопление людей на настилах лесов и опалубке не допускается.

Установку опалубки можно вести с приставных лестниц или переносных стремянок, имеющих наверху площадку с ограждением.

Настилы лесов, подмостей и стремянок, оборудуют перильным ограждением высотой не менее 1 м, состоящим из остроганного поручня, одного горизонтального элемента и бортовой доски высотой не менее 150 мм. Бортовые доски следует ставить на настил, а элементы перил крепить к стойкам с внутренней стороны. Высоту проходов на лесах оставляют не менее 1,8 м. Установленная опалубка должна иметь ограждение по всему периметру.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

За состоянием всех конструкций лесов и подмостей, в том числе соединений, креплений и ограждений, необходимо систематическое наблюдение. Состояние лесов и подмостей должен ежедневно перед началом смены проверять мастер, руководящий соответствующим участком работ на данном объекте.

Освободить установленный элемент от крюка подъемного механизма разрешено после его закрепления постоянными или временными связями (согласно проекту) и проверки надежности закрепления.

Разборку опалубки начинают только с разрешения ответственного руководителя строительства. Перед началом разборки опалубки строительная лаборатория должна проверить прочность бетона. Осмотром и простукиванием нужно убедиться в отсутствии трещин и других дефектов, могущих повлечь за собой недопустимые прогибы или обрушение конструкции при снятии опалубки.

При разборке опалубки необходимо принимать меры против падения элементов поддерживающих лесов или конструкций. Запрещено складывать на подмостях демонтированные элементы. Их надо сразу спускать на землю, сортировать и складывать в штабеля.

Леса разбирают, начиная с верхних ярусов, и опускают составные части при помощи кранов или простых механических приспособлений. Во время грозы и при ветре силой более 6 баллов работу с лесов, а также их монтаж и демонтаж следует прекращать.

Приготовление и нанесение любых смазок на поверхности опалубки необходимо выполнять с обязательным соблюдением всех требований санитарии и техники безопасности, так как многие смазки на основе петролатума, нигрола, автола, солярового масла вызывают раздражения слизистых оболочек носа и рта, оказывают вредное действие на кожный покров рук.

Устанавливаемые арматурные элементы следует обязательно закреплять, оставлять их незакрепленными не разрешается. Вязать или сваривать арматуру, стоя на привязанных или приваренных хомутах или стержнях, запрещено.

Ходить по заармированному покрытию разрешается только по ходам шириной 0,3 и 0,4 м, установленным на козелках.

Запрещено хранить запасы арматуры на подмостях. При установке арматуры вблизи электрических проводов, находящихся под напряжением, следует принять меры, исключающие прикосновение арматуры к проводам.

Металлическую окалину, пыль, грязь со стержней и сварных соединений удаляют ручным или механизированным способом; эту работу выполняют в защитных очках и плотных перчатках.

Перед началом электросварочных работ необходимо проверить:

исправность электросварочного аппарата и изоляцию корпуса аппарата, сварочного провода и электродвигателя (у аппаратов с дистанционным управлением);

наличие и правильность заземления сварочного аппарата; отсутствие вблизи места сварки (на расстоянии не менее 5 м от него) легко воспламеняющихся веществ.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Сварочные аппараты и агрегаты, установленные на открытой площадке; защищают от атмосферных осадков (навесами или брезентом) и механических повреждений. Выполнять электросварочные работы под открытым небом во время дождя и грозы запрещено. Выполнять сварочные работы на высоте с лесов, подмостей и люлек разрешено только после того, как будет проверена руководителем работ надежность этих устройств, а также приняты меры, предупреждающие загорание настила и падение расплавленного металла на работающих внизу людей.

Сварщики, работающие на высоте, должны иметь пеналы или сумки для электродов и ящики для огарков. Разбрасывать огарки запрещено.

Рабочих, помогающих электросварщику, в зависимости от условий также обеспечивают щитками и очками. При обслуживании автоматов для сварки под флюсом необходимо использовать очки в чешуйчатой оправе с синими светофильтрами..

3.1.5. График производства работ

График производства работ, составленный на производство работ по возведению монолитной оболочки положительной кривизны, представлен на листе 5.

3.1.6. Материально-технические ресурсы

Таблица 10. Потребность в конструкциях и полуфабрикатах.

Конструкции и полуфабрикаты	Марка	Единица измерения	Количество
Железобетонные контурные фермы пролетом 24м	ФК24-1А-1	шт.	2
Железобетонные контурные фермы пролетом 36м	ФК36-1А-1	шт.	2
Опалубка пневматическая	-	шт.	1
Бетонная смесь	M400	м3	60,66
Арматура	-	т	2,63
Брус II сорта 100*100	-	м3	22,92
Доска обрезная III сорта	-	м3	9,9

Таблица 11. Потребность в машинах и оборудовании.

Машины и оборудование	Количество	Примечания
Монтажный кран СКГ - 63/100	1	Длина стрелы 20,84м; гусек длиной 16,42м
Фермовоз ПКБ Главмосавтотранса	1	Для ферм длиной до 24м
Траверса для ферм длиной до 24 м	1	Конструкции ПИ Промстальконструкция

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Траверса для ферм длиной до 36 м	1	Конструкции ПИ Промстальконструкция
Гибкий манипулятор	1	Конструкции ЦНИИОМТП р, ч. 566
Сварочный трансформатор ТД-500	1	-
Расчалки тросовые парные	4	Конструкции ПИ Промстальконструкция р., ч1792
Лестница-площадка приставная	2	Конструкции ПИ Промстальконструкция р., ч5627Т-30; 31
Машина для бетонирования БМ-70	1	Производительность 10м3/ч

3.1.7. Техничко-экономические показатели

1. Объем опалубочных работ - 917,56 м²;
2. Объем арматурных работ - 80шт. каркасов, 100шт. сеток;
3. Объем бетонных работ - 60,66м³;
4. Общая трудоёмкость работ - 786,78 чел-ч;
5. Продолжительность выполнения работа - 24,7дн;
6. Сменная выработка одного рабочего:
 - плотника: 36,1м²/чел-см;
 - арматурщика: 2,55 шт./чел-см;
 - бетонщика: 2,86м³/чел-см.

3.2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

3.2.1.Производственный анализ объекта

Архитектурно-строительная характеристика здания

- 1) число этажей – 2;
- 2) высота этажа – 3м;
- 3) полная высота здания – 15,8м;
- 7) общая площадь здания – 3755,0м²;
- 10) площадь застройки – 1950,5м²;
- 11) строительный объем здания всего – 16617,0м³,
в т.ч. подземной части – 2416,1 м³,
надземной части – 14200,9м³.

Конструктивная схема здания

Общественное здание. Для данного объекта характерны следующие конструктивные решения:

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

- 1) при строительстве применяем типовые конструкции (перекрытия, лестницы, покрытие);
- 2) фундамент здания – свайный;
- 3) схема здания – полный каркас;
- 4) стены - сборные панели, кирпич

Анализ материалов и конструкций

Анализ материалов и конструкций приведен в таблице 12.

Таблица 12. Производственный анализ конструкций

Части объекта и виды работ	Краткая характеристика конструктивных решений	Методы производства работ (средства механизации)
Фундамент	Свайный, длина свай 9м	Копер, автокран
Ростверк	Железобетонный, монолитный, бетон М200	Стреловой кран
Стены наружные	Трехслойные панели, кирпич	Стреловой кран
Стены внутренние	кирпич	Стреловой кран
Перекрытия и лестницы	Ж/б сборные	Стреловой кран
Перегородки	Гипсокартонные	-
Покрытие	Ж/б монолитное, ж/б сборное	Стреловой кран
Кровля плоская	Рулонные материалы	-
Отделка здания	Полы паркетные, линолеумные; стены – обклейка обоями, облицовка керамической плиткой; облицовка пластиком, окраска; потолки - подвесные; штукатуренные	Штукатурная и малярная станция

Анализ инженерного оборудования здания

Анализ инженерного оборудования здания приведен в таблице 13.

Таблица 13. Производственный анализ инженерного оборудования

Инженерное оборудование	Примечания
Отопление	Водяное от сети ТЭЦ
Горячее водоснабжение	От сети ТЭЦ
Холодное водоснабжение	От городского водопровода
Электроснабжение	От существующей трансформаторной подстанции
Телефонизация и радификация	От существующей городской сети
Канализация	В существующую городскую сеть

3.2.2. Условия строительства

1. Место строительства - г. Нарьян-Мар, ул. Выучейского.
2. Характеристика участка застройки: произведена инженерная подготовка и оборудование территории; сооружений подлежащих сносу и переносу нет; объект возводится вблизи построенных зданий.
3. Данный объект относится к отрасли общественного строительства (общественное здание), тип объекта – площадочный.
4. Ограничений по ресурсам не выявлено; по времени - по [12], $K^{зад} = 1,0$; расстояния перевозок – в черте города (менее 50км); вид транспорта – автомобильный.

3.2.3. Выбор строительных машин и механизмов

Для осуществления строительства здания необходимы следующие механизмы: (экскаватор; башенный кран; копер; подъемник.)

Выбор экскаватора

Для разработки котлована используют экскаватор с отвозкой грунта самосвалами. Принимаем экскаватор с обратной лопатой. С учетом объемов грунта в котловане принимается емкость ковша, которая обеспечивает в процессе работы наиболее экономичную стоимость разработки 1 м³ грунта.

Принимаем экскаватор ЭО-2621.

Характеристики экскаватора:

- емкость ковша - 0,25 м³.
- наибольший радиус копания – 5 м.
- наибольшая глубина копания – 3 м.

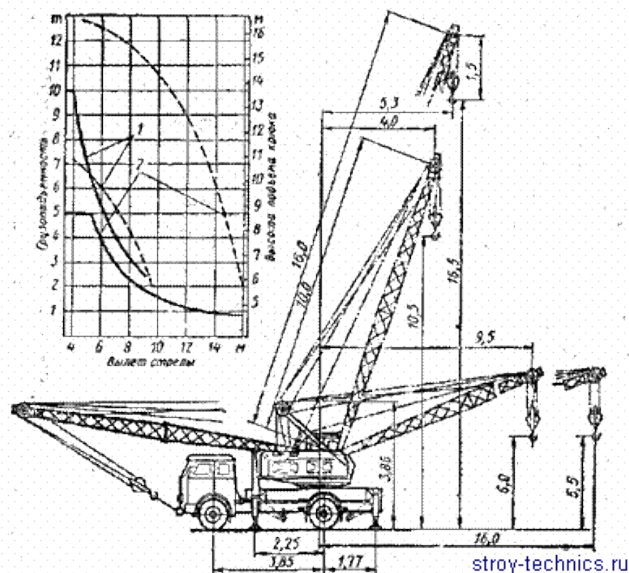
Экскаватор на пневмоколесном ходу (база -2450мм, полная ширина – 1800мм).

Выбор крана для возведения подземной части здания

Пневмоколесный кран для подачи свай и возведения подземной части выбираем в зависимости от наибольшей длины монтируемых элементов. Наибольшую длину имеет свая – 9 м. Минимальное безопасное расстояние между монтируемыми конструкциями в вертикальном положении – 0,5 м. Следовательно, минимальная высота подъема крюка – 9,5 м. Принимаем пневмоколесный кран СМК - 10 с техническими характеристиками:

- грузоподъемность: на выносных опорах - 10,0...2,0 т;
- вылет стрелы – 4,0...9,5 м;
- наибольшая высота подъема крюка – 10,5...6,0м;
- колея – 1950 мм.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Выбор крана для производства монтажных работ

Выбор монтажного крана осуществляется по трем технологическим параметрам:

- максимальная грузоподъемность крана;
- высота подъема крюка;
- вылет стрелы.

Максимальная грузоподъемность крана в данном случае будет определяться массой монтируемой конструкции:

$$Q_{кр} = K1P1 + K2(P2+P3)$$

где P1 – масса наиболее тяжелой конструкции, это ферма 36м, массой $m=19,86$ т

P2 – масса грузозахватного оборудования, т

P3 – масса монтажных приспособлений, т

K1 и K2 – поправочные коэффициенты ($K1 = 1,2$; $K2 = 1,1$)

$$Q_{кр} = 1,2 \cdot 19,86 + 1,1 \cdot (1,1 + 0,5) = 25,6 \text{ т}$$

Высота подъема крюка крана:

Минимальное требуемое расстояние от уровня стоянки крана до верха оголовка стрелы (высота подъема крюка) находят из выражения:

$$H_{треб} = h_0 + h_з + h_б + h_с$$

$H_{треб}$ - высота подъема крюка стрелы, м;

h_0 - высота самого высокого монтажного уровня, м;

$h_з$ - запас по высоте, м; (принимаем 1 м)

$h_б$ - высота элемента (плита перекрытия), м; (толщина 3,85 м)

$h_с$ - высота грузозахватного устройства (стропа), м (принимаем 5,85 м)

$$H_{треб} = 8,1 + 1 + 3,85 + 5,85 = 18,8 \text{ м}$$

Необходимый вылет крюка определяем по самому дальнему элементу:

$$L_{кр} = C + d + a, \text{ где}$$

$C = 13,04 \cdot 1,5 + 0,64 = 20,2$ м - расстояние от центра тяжести (оси) монтируемого элемента, максимально удаленного от края здания со стороны крана

$d = 0,7$ м - минимальная величина зазора между зданием и габаритами крана на уровне стоянки;

$a = 3,9$ м - расстояние от оси вращения крана до его дальнего габарита в уровне стоянки.

$$L_{кр} = 20,2 + 0,7 + 3,9 = 24,8 \text{ м}$$

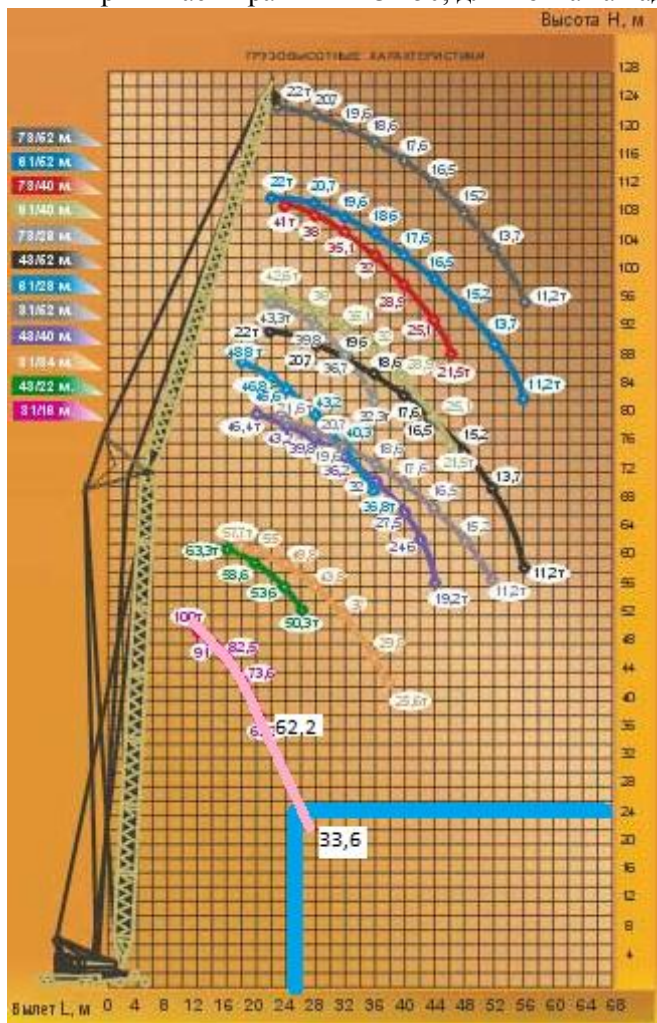
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ

Лист

76

Принимаем кран МКГС-250, для монтажа надземных сборных элементов здания.



Выбор копра

Копер для забивки свай принимаем в зависимости от длины свай (9 м) - СП-33.

Технические характеристики копра:

- максимальная длина погружаемой сваи – 12 м;
- полная высота – 20,1 м;
- ширина колеи – 4 м;
- угол поворота платформы - 360°;
- мощность электродвигателей – 26,8 кВт.

3.2.4. Определение нормативной продолжительности строительства

Нормативная продолжительность строительства определяется по СНиП 1.04.03-85* «Нормы продолжительности и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений».

Согласно [12] продолжительность строительства спорткорпуса с залом 30*18м в полносборном исполнении со строительным объемом 10тыс. м³ составляет 8 месяцев.

Проектируемое здание спорткорпуса имеет зал 36*18м, стрелковый тир на 50м, строительный объем 16,617тыс. м³, фундаменты на железобетонных сваях, каркасно-панельную конструкцию и частично - кирпич.

Согласно п.9 «Общих положений» принимается метод экстраполяции, исходя из имеющегося в нормах максимального объема в 10тыс. м³.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Увеличение составит

$$\frac{16.617-10}{10} \cdot 100 = 66.17\%$$

Прирост к норме продолжительности составит:

$$66.17 \cdot 0.3 = 19.85\% \approx 20\%$$

Продолжительность строительства с учетом экстраполяции составит:

$$T = 8 \cdot \frac{100+20}{100} = 9.6 \text{ месяца.}$$

Согласно п.8 стр. 865 «Общих указаний» добавляется на устройство свайных фундаментов 40 рабочих дней (397штук / 10) или 1,8 месяца.

Общая продолжительность строительства спорткорпуса будет:

$$T_{с.к.} = 9,6 + 1,8 = 11,4 \text{ месяца} = 240 \text{ рабочих дней.}$$

3.2.5. Разработка календарного плана производства работ

Составление и оценка организационно-технологической модели

Составление и оценка ОТМ

Задан II метод производства работ – метод частичного совмещения этапов строительства. Организационно-технологическую сетевую модель строим на основе типовой ОТМ на строительство общественного здания. В данном методе совмещаются во времени 5 и 6 этапы: специальные работы 1-го цикла и отделочные работы 1-го цикла.

Основные этапы строительства:

1. возведение подземной части 1цикл;
2. возведение подземной части 2цикл;
3. возведение надземной части (коробка здания);
4. крыша и кровля;
5. специальные работы 1цикл;
6. отделочные работы 1цикл;
7. специальные и отделочные работы 2цикл;
8. внешние работы 2цикл;
9. подготовка к сдаче.

Определение структуры работ, затрат труда и машинного времени

Расчет производим на единицу строительного объема наземной части здания, взятого в тыс. м³. Результат расчета сводим в таблицу 14.

Таблица 14.

Этапы стр-ва	№п/п	Наименование работ	СМО	Затраты на укрупненный показатель (1000м ³ н.ч.)		Затраты на 14,2 тыс.м ³	
				чел.-дн.	маш.-см.	чел.-дн.	маш.-см.
1. Подгот. работы	1	Подготовка территории строительства	СМУ №5	1,36	-	19,312	-
	2	Инженерные сети 1цикл	СМУ №5	11,59	2,31	164,58	32,802
Подв. часть	3	Земляные работы	"Строймеханизация"	1,94	0,97	27,548	13,774

	4	Свайные работы	"Строймеханизация"	14,65	2,86	208,03	40,612
3 Подз. часть 2 цикл	5	Устройство ростверка	СМУ №5	13,8	0,51	195,96	7,242
	6	Монтаж цокольных панелей, гидроизоляция	СМУ №5	7,77	1,53	110,33	21,726
	7	Обратная засыпка	СМУ №5	14,24	0,28	202,21	3,976
4. Надз. часть	8	Возведение стен и монтаж конструкций 1-го этажа	СМУ №5	41,54	1,89	589,87	26,838
	9	Возведение стен и монтаж конструкций выше 1-го этажа	СМУ №5	60,97	3,05	865,77	43,31
	10	Заполнение наружных проёмов	СМУ №5	21,47	-	304,87	-
5. Кровля	11	Паротеплоизоляция и монтаж покрытия	СМУ №5	10,22	0,8	145,12	11,36
	12	Устройство кровли	СМУ №5	6,82	-	96,844	-
6. Специальные работы 1 цикл	13	Монтаж системы отопления	ЗАО "Спецтехмонтаж"	12,27	-	174,23	-
	14	Сантехнические трубные работы	ЗАО "Спецтехмонтаж"	5,49	-	77,958	-
	15	Электромонтажные работы 1цикл	ПО "Электромонтаж"	3,4	-	48,28	-
	16	Слаботочные работы 1цикл	ПО "Электромонтаж"	1,36	-	19,312	-
7. Отделочные работы 1цикл	17	Отделка фасадов	СМУ №5	3,07	-	43,594	-
	18	Плотничные работы 1 цикл	СМУ №5	19,08	-	270,94	-
	19	Облицовочные и штукатурные работы	СМУ №5	41,17	-	584,61	-
	20	Малярные работы 1 цикл	СМУ №5	25,9	-	367,78	-
8. Специальные и отделочные работы 2 цикл	21	Плотничные работы 2 цикл	СМУ №5	12,75	-	181,05	-
	22	Монтаж сантехники	ЗАО "Спецтехмонтаж"	2,45	-	34,79	-
	23	Электромонтажные работы 2цикл	ПО "Электромонтаж"	7,77	-	110,33	-
	24	Слаботочные работы 2цикл	ПО "Электромонтаж"	0,7	-	9,94	-
	25	Малярные работы 2 цикл	СМУ №5	9,2	-	130,64	-
9. Внешние работы	26	Инженерные сети 2цикл	ЗАО "Спецтехмонтаж"	4,09	0,81	58,078	11,502
	27	Внешние электросети и освещение	ПО "Электромонтаж"	7,5	-	106,5	-
	28	Внешние слаботочные сети	ПО "Электромонтаж"	0,31	-	4,402	-
	29	Благоустройство и озеленение	СМУ №5	119,22	-	1692,9	-
10. Сдача	30	Подготовка объекта к сдаче	СМУ №5	4,43	-	62,906	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ

Лист

79

Составление матричной модели связи и обобщенной сетевой модели

Принятую последовательность выполнения строительно-монтажных работ описываем в треугольной матрице связей в виде условных обозначений связей между работами в клетках матрицы.

В графической части модели используем сетевую модель с элементами обобщенных сетей, связями типа «не ранее», их продолжительность определяется расчетом на этапе определения шага работ.

После разработки ОСМ выделяют организационные характеристики работ, т.е. устанавливают напряженные (Н), поточные (П) и ведущие (В) работы.

Расчет показателей структуры и последовательности работ

1. Показатель структуры работ, $K_{стр}$ - отображает долю внутренних связей от общего числа связей между работами:

$$K_{стр} = \frac{\sum n_{св}^{вн}}{\sum n_{св}} = \frac{22}{41} = 0,54.$$

2. Показатель последовательности работ $K_{посл}$ показывает долю ненапряженных работ от общего числа:

$$K_{посл} = \frac{N_{ненапр.}}{N} = \frac{14}{30} = 0,47.$$

3. Общая оценка качества модели:

$$K_{отм} = \frac{K_{стр} + K_{посл}}{2} = \frac{0,54 + 0,47}{2} = 0,51.$$

Подготовка таблицы исходных данных

Исходными данными для расчета являются показатели затрат труда и машинного времени, среднее количество рабочих в бригаде, звене, ограничение продолжительности работ по этапам строительства, показатели фронтов работ.

Ограничение продолжительности работ принимаем по расчету (п.5.2.4)

Показатели фронтов работ включают: единица измерения фронта работ, размер полного фронта, размер передаваемого фронта.

Определение плановых и граничных параметров напряженных работ

Определение плановых и граничных параметров напряженных работ производим в табличной форме (табл.15).

Таблицу заполняем в следующей последовательности (рассмотрим на примере земляных работ).

Земляные работы выполняются трестом «Строймеханизация»: $Q_i^p = 27,55$ чел.дн; $Q_i^M = 13,77$ маш.см., число работы смен в день $A = 2$.

1. Минимальное время продолжительности работ

$$\left. \begin{aligned} t_i^{\min} &= \sqrt[n]{Q_i^{p.н.} / k_i^e} = \sqrt[3]{27,55 / 1} = 3,02 \text{ дн} \\ t_i^{\min} &\geq 5 \text{ дн} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{принимаем } 5 \text{ дн}.$$

2. Наибольшее количество машин для механизированных работ:

$$M_i^{\max} = \min \left(\frac{F_i^{\text{откр}}}{f_i^3}; \frac{Q_i^{м.н.}}{t_i^{\min} \cdot A} \right) = \min \left(\frac{61}{50,2}; \frac{13,77}{5 \cdot 2} \right) = \min(1,22; 1,38) = 1 \text{ шт},$$

$$f_i^3 = 2(H_{контр} + 5) = 2 \cdot (20,1 + 5) = 50,2 \text{ м}$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

где

$F_i^{омкр} = 51$ м равно наибольшей длине здания,

$f_i^{0,3}$ - размер опасной зоны, возникающей при работе машины.

3. Наибольшее число рабочих в день на механизированных работах:

$$R_i^{max} = \frac{Q_i^p \cdot A_i^{nl} \cdot M_i^{nl}}{Q_i^m \cdot K_i^e} = \frac{27,55 \cdot 2 \cdot 1}{13,77 \cdot 1} = 4 \text{ чел.}$$

Где A_i^{nl} - плановое число смен работы в день;

для немеханизированных работ

$$R_i^{max} = \sqrt[3]{(Q_i^p)^2} / k_i^e.$$

4. Среднее число рабочих в смену

$$R_i^{сред} = \sqrt{(Q_i^p)} / k_i^e = \sqrt{27,55} / 1 = 5,25 = 5 \text{ чел.}$$

5. Определение числа планируемых машин

$$1 \leq M_i^{nl} \leq M_i^{max}, \text{ принимаем } M_i^{nl} = 1.$$

10. Плановое число рабочих в день

$$(r_i^{nl} A_i^{nl}) \leq R_i^{nl} \leq R_i^{max},$$

где r_i^{nl} - нормативный состав звена, принимаем $R_i^{nl} = 4$ чел.

7. Определяем коэффициент интенсивности работ

$$k_i^u = \frac{R_i^{nl}}{R_i^{max}} = \frac{4}{4} = 1.$$

11. Определение продолжительности работ

$$t_i^{nl} = \max \left[\frac{Q_i^p}{R_i^{nl} k_i^{nl}}; \frac{Q_i^m}{M_i^{nl} A_i} \right] = \max \left[\frac{27,55}{6 \cdot 1}; \frac{13,77}{1 \cdot 2} \right] = \max [4,6; 6,89] = 7 \text{ дн.}$$

принимаем 7 дн.

12. Определение коэффициента роста производительности труда

$$k_i^{nl} = \frac{Q_i^p}{R_i^{nl} t_i^{nl}} = \frac{27,55}{4 \cdot 7} = 0,98.$$

Принимаем плановое число машин – 1шт., число рабочих – 4 чел.

Плановая продолжительность работы – 7 дней.

Для остальных работ расчет сводим в табл. 16.

Таблица 16. Определение плановых параметров напряженных работ

№ по ОТМ	Наименование работ	Затраты труда на весь объём работы		t, min, дн	Число смен работы в день	Наиб-е кол-во		Среднее число рабочих, чел	Плановое кол-во		Кoeff-нт		Плановая продол-ть работы, дн
		чел.-дн.	маш.-см.			машин, шт	рабочих в день, чел.		машин, шт	рабочих в день, чел.	инт-ти	роста пр-ти труда	
1	Подготовка терр-и стр-ва	19,312	-	5	2	-	8	4	1	8	1	1,18	2
3	Земляные работы	27,548	13,774	5	2	1	4	5	1	4	1	0,98	7

Построение и оптимизация графиков производства работ и потребности в ресурсах

Календарный план производства работ в масштабе времени

Календарный план производства работ в масштабе времени состоит из левой - табличной – и правой - графической частей. Табличная часть содержит информацию об этапах строительства, наименованиях работ, объемах работ (трудозатрат) и времени машин, числе исполнителей, продолжительности и сроках работ. Наименования и трудоемкость работ принимаются из ОТМ. Продолжительности и сроки работ – из сетевого графика по результатам расчета.

Отметим, что сроки начала и окончания работ соединяем толстой линией, ожидания – тонкой.

Календарный план производства работ изображен в графической части на листе 7.

Сводный график потребности в рабочих кадрах по объекту (эпюра изменения общего количества рабочих, занятых на работах в каждый период строительства) строится совместно с календарным планом строительства объекта и располагается непосредственно под ним. По эпюре определяют максимальное число рабочих на объекте R_{max} .

Схемы маршрутов движения бригад

Схемы маршрутов движения бригад принимаются в зависимости от:

- 1- принятой технологии производства работ;
- 2- объемно-планировочного решения здания;
- 3- метода организации работ;
- 4- требований по технике безопасности;
- 5- числа параллельных потоков.

Схемы маршрутов движения бригад принимаются окончательно на этапе разработки календарного плана.

Схемы показаны в графической части на листе 7.

Построение графика потребности в рабочих кадрах

График потребности в рабочих кадрах по объекту составляется в виде линейного графика на основе календарного плана. По списку работ устанавливают исполнителя первой работы. На графике отмечают линией в масштабе календарной линейки сроки работы и исполнителя. Просматривая список оставшихся работ, выясняют, встречается ли эта профессия ещё раз, записывают номер этой работы и отмечают на графике её сроки. Далее переходим к следующей по списку работе, и повторяют все процедуры. График потребности в рабочих кадрах по объекту приведен на 7 листе.

Считаем общий коэффициент выработки

$$K_0^e = \frac{Q_0^{p.n.}}{Q_0^{p.nl.}} = \frac{6908,73}{6974} = 0,99 \approx 1,$$

$$Q_0^{p.n.} = \sum_{i=1}^n R_i^{p.nl.} * t_i^{p.nl.} = 6974 \text{ чел.} - \text{дн.},$$

График потребности в рабочих кадрах оценивают с точки зрения равномерности потребления ресурсов и их достаточности.

Определяем коэффициент равномерности использования ресурсов

$$K_{p.p.} = \frac{R_{cp}}{R_{max}} = \frac{29,43}{58} = 0,51 < 0,5...0,8,$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

$$R_{cp.} = \frac{Q_0^{p.пл.}}{T_0^{пл.}} = \frac{6974}{237} = 29.43 \text{ чел.}$$

Технико-экономические показатели календарного плана

Общие показатели

- 1) Продолжительность строительства объекта:
нормативная $T^н = 240$ дн.,
планируемая $T^{пл} = 237$ дн.
- 2) Нормативная трудоёмкость возведения объекта $Q_0^{p.н.} = 6908.73$ чел.-дн.
- 3) Принятая трудоёмкость возведения объекта $Q_0^{p.пр.} = 6974$ чел.-дн.
- 4) Удельная трудоёмкость возведения объекта $Q_0^{yд} = 6974/16617 = 0.42$ чел.-дн./м³.
- 5) Коэффициент производительности труда, определяемый по формуле

$$K_0^с = \frac{Q_0^{p.н.}}{Q_0^{p.пл.}} = \frac{6908,73}{6974} = 0,99 \approx 1.$$

Дифференциальные показатели

- 1) Показатель совмещения работ

$$k_{совм} = 1 - \frac{T^{пл}}{\sum t_i} = 1 - \frac{237}{435} = 0.54.$$

- 2) Показатель напряженности графика работ

$$k_n = \frac{\sum Q_{i.кр}^{p.пр.}}{Q_0^{p.пр.}} = \frac{4164}{6974} = 0.60,$$

где $\sum Q_{i.кр}^{p.пр.}$ - сумма трудоёмкостей критических работ.

- 3) Показатель поточности графика работ

$$k_{пот} = \frac{\sum Q_{i.кр}^{p.пр.}}{Q_{об}^{p.пр.}} = \frac{2483}{6974} = 0.36$$

где $\sum Q_{i.кр}^{p.пр.}$ - сумма трудоёмкостей поточных работ

- 4) Показатель равномерности использования ресурсов

$$K_{p.p.} = \frac{R_{cp.}}{R_{max}} = \frac{29.43}{58} = 0,51 < 0,5 \dots 0,8,$$

где R_{cp} - среднесуточное количество работающих за весь период строительства,

$$R_{cp.} = \frac{Q_0^{p.пл.}}{T_0^{пл.}} = \frac{6974}{237} = 29.43 \text{ чел.},$$

R^{max} - максимальное число рабочих в сутки.

3.2.6. Проектирование строительного генерального плана

Исходные данные

Исходными данными для проектирования служат:

1. План и разрез здания;
2. Календарный план производства работ по объекту;
3. Графики потребности во всех видах ресурсов;
4. Технические характеристики строительных машин и механизмов;
5. Ограничения, связанные с условиями строительной площадки.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Строительный генеральный план проектируется на этап возведения надземной части здания (III цикл).

Грунты основания намывные пески. Глубина котлована 1м.

Привязка монтажного крана и определение зон их влияния

Поперечная привязка крана

Кран около здания устанавливают исходя из необходимости соблюдения безопасного расстояния между зданием и краном.

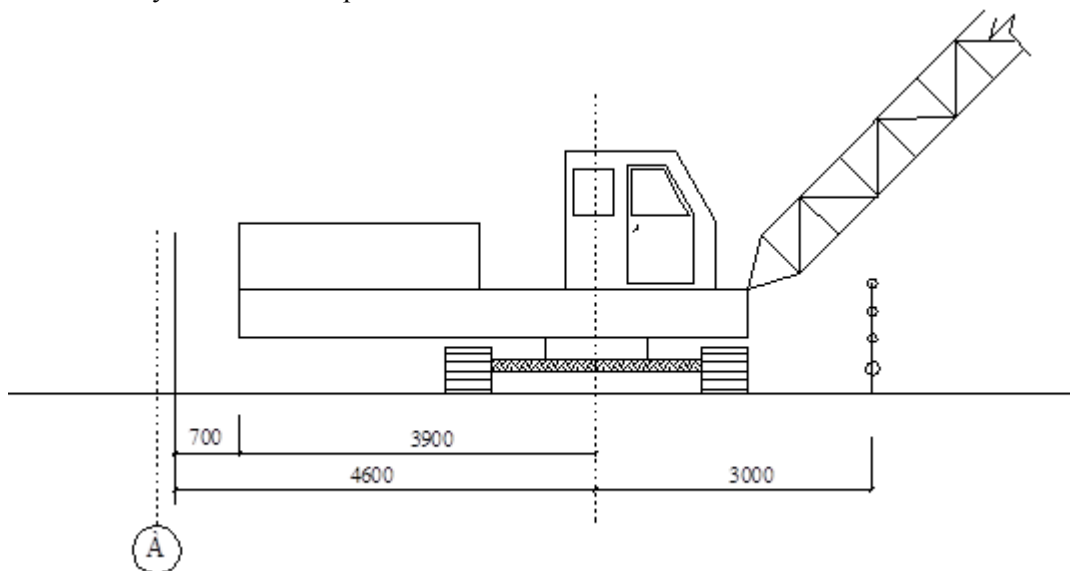


Рисунок 27. Поперечная привязка крана.

$$B \geq R_{нов} + l_{без} = 3,9 + 0,7 = 4,6 \text{ м};$$

$$\text{где: } l_{без} \geq 0,7 \text{ м},$$

$$B_{огр} = R_{нов} - \frac{B_{к}}{2} + 0,7 \text{ м} = 3,9 - \frac{3,23}{2} + 0,7 = 3 \text{ м}.$$

Продольную привязку крана не производим, т.к. кран гусеничный. Он может ездить вокруг всего здания.

Зоны действия крана

Монтажная зона - пространство, где возможно падения груза при установке и закреплении элементов. Она равна контуру здания плюс 5м.

Зона обслуживания крана или *рабочей зоной крана* называют пространство, находящееся в пределах линии описываемой крюком крана.

$$R_{\max} = L_{\max}^{\text{раб}} = 34 \text{ м}.$$

Зона перемещения груза - это пространство, находящееся в пределах возможного перемещения груза, подвешенного на крюке крана. Определяется суммой максимального рабочего вылета стрелы и ширины зоны принимаемой равной половине длины самого длинного перемещения груза. Наиболее длинный элемент – ферма пролетом 36м; L = 36 метров.

$$R_{\text{перем}} = R_{\max} + 0,5l_{\max} = 34 + 0,5 * 36 = 52 \text{ м}.$$

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Опасная зона работы - пространство, где возможно падение груза при его перемещении с учетом вероятного рассеивания при падении.

$$R_{on} = R_{max} + 0,5l_{max} + l_{без}, \quad R_{on} = 34 + 0,5 \cdot 6 + 7 = 44 \text{ м.}$$

где $l_{без}$ - дополнительное расстояние для безопасной работы, устанавливаемое по СНиП, $l_{без}=7$ м.

Разработка схемы движения транспорта и конструкций временных дорог

Строительная площадка должна иметь удобные подходы и внутренние построечные дороги для осуществления бесперебойного подвоза материалов, оборудования в течение всего строительства в любое время года, при любой погоде.

В качестве дороги для подвоза конструкций и материалов к зданию будем использовать существующую дорогу по ул. Выучейского и ул. Валявкина с закрытием на их движения транспорта (кроме спецтранспорта) на участке строительства с установкой временного ограждения. Использование дороги надлежит согласовать с горисполкомом ГИБДД и другими заинтересованными организациями.

Принимаем кольцевую схему движения автотранспорта исходя из очертания здания в плане и расположения монтажного крана при работе. При трассировке дорог должно соблюдаться условие - минимальное расстояние от площадки строительства до дороги 0,5 - 1м. Между дорогой и забором, ограничивающим стройплощадку не менее 1,5м.

Опасные зоны дорог устанавливаются в соответствии с нормами техники безопасности. Опасной зоной дороги считается та ее часть, которая попадает в пределы перемещения груза или зоны монтажа. Сквозной проезд через эти участки запрещен. Расположение временных дорог см. графическую часть.

Ширину проезжей части дороги принимаем 4 метра. Т.к. с поверхности земли залегает слой плотных намывных песков, который может выдержать давление от веса транспорта, специальной конструкции дороги не проектируем.

Проектирование временных помещений

Временные здания – надземные подсобно-вспомогательные и обслуживающие объекты, необходимые для обеспечения производства СМР. Они сооружаются только на период строительства.

Объём временного строительства рассчитывается отдельно для определения потребности в административных и санитарно-бытовых зданиях. Потребность определяется исходя из численности работающих в наиболее многочисленную смену.

Таблица 18. Определение числа работающих в наиболее многочисленную смену

Категория работающих	% -ый состав	Кол-во человек	В том числе в первую смену	
			в %	кол-во чел
Рабочии	85	49	по графику	49
ИТР и служащие	12	7	80	6
МОП и ПСО	3	2	30	2
Итого	100	58	-	-

Таблица 19 Расчет площади временных сооружений

Наименование помещений	Кол-во рабочих	Наименование показателей	Ед изм	Вел-на показат	Расчетная площадь	Кол-во бытовок	Принятая площадь
Прорабская	6	Пл на 1 чел	м2	4	24	2	32
Гардеробная	49	Пл на 1 раб	м2	0,7	34,3	2	32
Умывальная	58	Пл на 1 раб	м2	0,2	11,60	1	16
Помещения для обогрева рабочих	49	Пл на 1 раб	м2	0,1	4,90	1	16
Помещения для сушки одежды и обуви	49	Пл на 1 польз суш	м2	0,2	9,80	1	16
Туалеты	58	Площадь на 10 чел	м2	1	5,80	1	16
Кладовая	-	Площадь кладовой	м2	25-30	25	2	32
Временная мастерская	-	Пл маст	м2	20	20	2	32

Итого 192

Для использования принимаем типовое инвентарное здание размером 6×3 метра. Полезная площадь 16 м².

Компоновка стройгенплана, введение ограничений

Компоновка стройгенплана приведена в графической части. Ограничений на перемещение крана не вводим.

Проектирование временного водо-, электроснабжения и канализации

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

Расчет расхода воды производится в табличной форме (табл.20)

Таблица 20 Временное водоснабжение

Потребители воды	Ед изм	Кол-во	Удельный расход воды, л	Кэфф неравн потр	Прод работы	Число часов потр воды в смену, л/с	Расход воды
Производственные нужды							
Технологические нужды							
Поливка бетона	м3	60,66	200	1,5	5	8	0,632
Штукатурные работы	1000м3	16,62	3700	1,5	30	8	3,203
Малярные работы	1000м3	16,62	600	1,5	31	8	0,519
Посадка деревьев	шт	25	50	1,5	24	8	0,065
Итого							4,419
Обслуживание машин							
Бульдозер	шт	1	150	1,6	3	8	0,008
Краны	шт	2	14	1,6	70	8	0,002
Бетононасос	шт	1	14	1,6	3	8	0,001
Итого							0,011
Хозяйственно-бытовые нужды							
Хозяйственно-питьевые нужды	чел	58	10	3	-	8	0,06
Противопожарные нужды							
Площадь стройплощадки	га	10	10	-	-	-	10

Проектирование электросетей приведено на стройгенплане.

Определяем максимальное значение количества потребляемой электроэнергии: $W_{max} = 86$ кВт·А.

Исходя из потребной мощности 86 кВт, принимаем понижающий трансформатор СКТП-750 с установленной мощностью 750 кВт. Габариты трансформатора – 3,40×2,27 м.

Источниками света для освещения строительной площадки служат прожекторы с лампами накаливания мощностью 1 кВт.

Число прожекторов определяем через удельную мощность по формуле:

для общего освещения стройплощадки:

$$N = \frac{pES}{P_l} = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 26750}{1500} = 14,26 \Rightarrow 15 \text{ прожекторов, где}$$

P - удельная мощность при освещении прожекторами ПЗС-35 ($P=0,4$ Вт/м²лк);

E - освещенность

S - площадь, подлежащая освещению, м²;

P_l - мощность лампы прожектора (для ПЗС-35 $p_l=1000$ Вт),

для освещения места строительства:

$$N = \frac{pES}{P_l} = \frac{0,4 \cdot 20 \cdot 1950,5}{1500} = 10,4 \Rightarrow 11 \text{ прожекторов.}$$

3.2.7. ТЭП стройгенплана

1. Площадь строительной площадки: $F_{с.п.} = 26750 \text{ м}^2$.

2. Площадь застройки здания: $F_{зд} = 1950,5 \text{ м}^2$

3. Площадь временных зданий и сооружений (зона складирования, временные здания и сооружения, дороги, подкрановые пути):

$$F_{врем.} = 2156 + 192 + 2040 = 4388 \text{ м}^2$$

4. Коэффициент использования площади:

$$K_{исп} = \frac{F_{зд} + F_{врем.}}{F_{с.п.}} = \frac{1950,5 + 4388}{26750} = 0,38.$$

4 .ПРОТИВОПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

7.3.1 Общие сведения

В пожарной безопасности различают 2 группы мероприятий: предотвращение пожаров и тушение пожаров. Пожарная безопасность решает 4 задачи:

1. Предупреждение(профилактика) пожаров.
2. Локализация, снижение ущерба от возникших пожаров.
3. Защита людей и материальных ценностей.
4. Тушение пожаров.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Основой для их практического решения служат теоретические знания процессов горения, пожаровзрывоопасных свойств веществ и материалов, категорирования и классификации помещений и др.

7.3.4 Обеспечение пожарной безопасности на строительной площадке

Пожары на строительных площадках чаще всего возникают из-за несоблюдения правил пожарной безопасности рабочими и инженерно-техническим персоналом. Наиболее часто пожары возникают из-за нарушения правил сварочных работ, применения открытого огня для обогрева коммуникаций, двигателей и помещений, курения в запрещенных местах, короткого замыкания в электропроводах.

Осуществление мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности, возлагается на руководителей предприятий. Они несут ответственность за организацию пожарной охраны, за выполнение в установленные сроки необходимых противопожарных мероприятий, а также за наличие и исправное содержание средств в цехах, мастерских, складах и т. п. Ответственными за состояние пожарной безопасности являются начальники мастерских, складов, прорабы, бригадиры, мастера.

Лица, ответственные за противопожарное состояние, обязаны обеспечивать своевременно выполнение предлагаемых органами Государственного пожарного надзора мероприятий, следить за соблюдением противопожарного режима, осматривать рабочую площадку перед закрытием по окончании рабочего дня. Выявленные при этом нарушения требований пожарной безопасности должны быть немедленно устранены.

На строительной площадке должно быть организовано обучение всех рабочих и служащих правилам пожарной безопасности и действиям на случай возникновения пожара. Лиц, не прошедших инструктажа, не следует допускать к работе. Каждый работающий обязан выполнять требования пожарной безопасности, а также принимать меры к устранению выявленных противопожарных нарушений и ликвидации возникших загораний и пожаров.

7.3.5 Эвакуация людей из здания

К путям эвакуации людей из здания и сооружения, осуществляемой в нормальных эксплуатационных условиях, относятся помещения и устройства, ведущие от мест постоянного пребывания людей к выходам из здания или сооружения. К путям эвакуации людей из зданий и сооружений, осуществляемой в аварийных условиях, относятся помещения: а) ведущие от места постоянного пребывания людей, расположенных в первых этажах непосредственно наружу или к выходу через проходы, коридоры, вестибюли или лестничную клетку; б) ведущие от мест постоянного пребывания людей, расположенных на любом этаже, кроме первого, к выходу через проходы, коридоры, лестничную клетку, имеющую выход непосредственно наружу или через вестибюль, отделенный от смежных помещений перегородками с дверями; в) ведущие от места постоянного пребывания людей в данном этаже в соседние помещения, обеспеченные входами, указанными в п. а) и б), если эти помещения не связаны с производствами категорий А и Б.

Количество эвакуационных выходов из здания или сооружения должно быть, как правило, не менее двух. Эвакуационные выходы располагают рассредоточенно.

Допускается проектировать один эвакуационный выход из помещений, расположенных на любом этаже (за исключением подвального и цокольного), если этот выход ведет к двум эвакуационным выходам с этажа, расстояние от наиболее удаленного места до этого выхода не превышает 25 м.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

При организации строительного производства необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать рекультивацию земель, предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение или очистку вредных выбросов в почву, водоемы, атмосферу. Указанные мероприятия и работы должны быть предусмотрены в проектно-сметной документации.

Производство строительно-монтажных работ в пределах охранных, заповедных и санитарных зон и территорий следует осуществлять в порядке, установленном специальными правилами и положениями о них.

На территории строящихся объектов не допускается не предусмотренное сведение древесно-кустарниковой растительности и засыпка грунтом корневых, а также стволов растущих деревьев и кустарника.

Выпуск воды со строительных площадок непосредственно на склоны без надлежащей защиты от размыва не допускается. При проведении планировочных работ почвенный слой, пригодный для последующего использования, должен предварительно сниматься и складироваться в специально отведенных местах.

Временные автомобильные дороги и другие подъездные пути должны устраиваться с учетом требований по предотвращению запыленности и загазованности воздуха, а также по предотвращению повреждений сельскохозяйственных угодий и древесно-кустарниковой растительности.

Не допускается при уборке отходов и мусора сбрасывать их с этажей зданий и сооружений без применения закрытых лотков и бункеров-наполнителей.

В процессе выполнения буровых работ при достижении водоносных горизонтов необходимо принимать меры по предотвращению неорганизованного излива подземных вод.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства с проектом производства работ.

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 1.020-1/83. Выпуск 1-1. Фундаменты сборные железобетонные для колонн сечением 300х300 и 400х400 мм.

2. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 1.423-3. Выпуск 1. Рабочие чертежи колонн.

3. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений серия 1.030.1-1.

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

6. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3).

7. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / Госстрой России. – М.: «Технига-Сервис», 2004.-54 с.

8. СП 52-102-2004 Предварительно напряженные железобетонные конструкции / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 37 с.

9. Серия 1.020-1/83. Конструкции каркаса межвидового применения для многоэтажных общественных зданий.

10. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3).

11. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования (актуализированная редакция 2010 год)

12. СНиП 1.04.03.-85* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений»

13. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Общая часть. 1985 г.

14. ЕНиР Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций.

15. Поляков В.И., Полосин М.Д. «Машины грузоподъемные для строительномонтажных работ», М, Стройиздат, 1993, 204 с.;

16. Карасев А.К. «Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование», М, Стройиздат, 2008, 59 с.

Ресурсы сети интернет:

- <http://dwg.ru/>
- <http://www.know-house.ru>
- <http://www.zodchii.ws/>

					АСИ-533-080301-2019-160-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92