

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
“Био ва саноат иншоотлари қурилиши” кафедраси**

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

Мавзу: Проект производства работ строительства
деревообрабатывающего цеха в г. Сырдарья

Битирувчи: Данабаев К.С.
Илмий рахбар: Цой В.М.

ТОШКЕНТ-2018й.

АО «Ўзбекистон темир йўллари»

Ташкентский институт инженеров железнодорожного
транспорта

Строительный факультет

Кафедра «Строительство зданий и промышленных
сооружений»

«, опустить к защите»

19. *А.И.* зав. кафедрой

«19» 06 2018 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ РАБОТЕ

на тему: Проект производства работ
сидерического цеха
цеха 2. Самары

Выпускник

А.И. Даматов К.С.

Руководитель

М.М. Аб. В. И.

Консультанты:

А.И. Турметов Д.Х.

К.В. Бочарова Л.В.

А.И. Абдурашидов Ш.

Ташкент 2018 г.

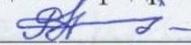
Оглавление

Бланк-задание	
1. Архитектурно-строительный раздел.....	1
1.1. Исходные данные для проектирования	1
1.1.1. Климатические и геофизические характеристики района строительства.....	1
1.1.2. Санитарно-гигиенические требования к производственному зданию.....	2
1.1.3. Противопожарные требования	3
1.2. Генеральный план.....	3
1.3. Проектирование ремонтно-механического цеха.....	4
1.3.1. Объемно-планировочное решение цеха.....	4
1.3.2. Внутрицеховое подъемно-транспортное оборудование.....	4
1.3.3. Обоснование привязок к разбивочным осям.....	4
1.3.4. Деформационные швы	4
1.3.5. Расположение основных помещений, решение фасадов, отделка помещений.....	5
1.3.6. Техничко-экономические показатели по производственному зданию цеха.....	5
1.3.7. Конструктивное решение здания цеха.....	6
1.3.8. Выбор конструктивных элементов здания цеха.....	7
2. Расчетно – конструктивный раздел.....	11
2.1. Расчет и конструирование предварительно напряженной сегментной стропильной фермы пролетом	11
2.1.1. Исходные данные.....	11
2.1.2. Определение узловых нагрузок на ферму и расчетных усилий в ее элементах.....	11
2.1.3. Расчет сжатого элемента верхнего пояса стропильной фермы...	14
2.1.4. Расчет растянутого элемента нижнего пояса фермы.....	15
2.1.5. Расчет элементов решетки.....	16
2.2. Статический расчет поперечной рамы каркаса промышленного здания.....	18
2.2.1. Структурная схема поперечной рамы каркаса промышленного здания.....	18
2.2.2. Сбор вертикальных нагрузок на поперечную раму каркаса.....	19
2.2.2.1. Сбор постоянных нагрузок.....	19
2.2.2.2. Определение снеговых нагрузок	22
2.2.2.3. Определение ветровой нагрузки.....	22
2.2.2.4. Определение крановой нагрузки.....	24
2.2.3. Определение усилий M , Q , N в стойках поперечной рамы.....	26
2.2.3.1. Усилия в колоннах рамы от постоянной нагрузки.....	27
2.2.3.2. Усилия в колоннах рамы от снеговой нагрузки.....	29
2.2.3.3. Усилия в колоннах от крановой нагрузки (M_{\max} на крайней колонне и M_{\min} на средней колонне).....	31

2.2.3.4. Усилия в колоннах от крановой нагрузки (M_{\max} на средней колонне).....	33
2.2.3.5. Усилия от действия 4^x кранов, совмещенных в одном створе в 2^{-x} пролетах, M_{\max} на средней колонне.....	35
2.2.3.6. Тормозная сила T на крайней колонне.....	37
2.2.3.7. Тормозная сила T на средней колонне.....	39
2.2.3.8. Усилия в колоннах рамы от ветровой нагрузки.....	41
2.3. Расчет и конструирование крайней железобетонной колонны.....	48
2.3.1. Исходные данные.....	48
2.3.2. Расчет надкрановой части колонны.....	48
2.3.3. Расчет подкрановой части колонны.....	51
3. Технология и организация строительства.....	54
3.1. Разработка календарного плана производства работ одноэтажного промышленного здания.....	54
3.1.1. Определение номенклатуры и объемов работ.....	55
3.1.2. Выбор методов производства работ, машин и механизмов.....	56
3.1.3. Определение трудоемкости работ и затрат машинного времени.....	56
3.1.4. Определение материально-технических ресурсов.....	57
3.2. Расчет и проектирование стройгенплана.....	57
3.2.1. Расчет складских помещений и площадок.....	58
3.2.2. Определение потребности во временных зданиях и сооружениях.....	59
3.2.2.1. Временные сооружения.....	59
3.2.3. Расчет потребности строительства в воде.....	61
3.2.4. Обеспечение строительства электроэнергией.....	63
3.3. Методика проектирования строительного генерального плана.....	66
4. Охрана окружающей среды при строительстве и экологичность объекта проектирования.....	70
4.1. Загрязнение вод в процессе строительного производства.....	70
4.2. Охрана почв и рекультивация земель.....	71
4.3. Шумы и меры защиты от них.....	72
Библиографический список.....	73

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
Строительный факультет
Кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой «СЗиПС»


« 04 » 01 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ РАБОТЫ

студента (ки) Дамбаев. Колломиддин Сулонов

Тема выпускной работы Проект производства работ
строительства деревообрабатывающего цеха
г. Сардарье.

Утверждена приказом ректора института № 426-7 от « 25 » 12
20 17 года

2. Исходные данные по заданной теме г. Сардарье. площадь
р. от 11; ширина основания 1. Сухан; высота 1.5
района строительства 1.
3. Содержание пояснительной записки (75 - 90 страниц формата А4
рукописного текста или 40 - 50 страниц печатного текста):

а) Архитектурно - строительный раздел исходные данные для
проектирования; объемно-планировочное и поэтажное
планы помещений здания.

б) Расчетно - конструктивный раздел
Расчет и конструирование предварительное
напряженной железобетонной плиты покрытия

в) Раздел «Технология и организация строительства»

Разработать технологический план производства
работ; разработать ППР на монтажные работы;
разработать генеральный строительный план

г) Раздел «Охрана окружающей среды и экологичность объекта»

Безопасная окружающая среда при возведении
д) Библиографический список и др. 19 страниц

КДРВ 20.04-96; КДРВ 2.03.01-96
4. Список чертежей (5 листов ватмана формата А1)

а) Архитектурно-строительные чертежи

2-лист. Разреш, план, генплан, разрезы здан.
ТЭП.

б) Конструктивные чертежи

3-лист. Ребрисная плита перекрытия П1
описание размера, армирование, уклад

в) Чертежи по технологии и организации

строительства: 3-лист КП строительства
4-лист ППР на монтажные работы
5-лист строительной организации

5. Консультанты по разделам выпускной работ 1:

№	Наименование раздела	Сроки выполнения		Подпись	Ф.И.О. консультантов
		начало	окончания		
1	Архитектурно-строительный	20.01.18	1.04.18		Ильинский Р.В.
2	Расчетно-конструктивный	1.04.18	15.05.18		Бочарова И.В.
3	«Технология и организация строительства»	15.05.18	15.06.18		Иванов В.И.
4	«Охрана окружающей среды и экологичность объекта»	16.06.18	20.06.18		Кудряшов С.В.

6. Дата выдачи задания

20.01.18

7. Срок сдачи законченной работы

22.06.18

Руководитель

дир. Иван В.И.

Задание было принято для выполнения

20.01.18

1. Архитектурно-строительный раздел

1.1. Исходные данные для проектирования

Согласно задания на выпускную работу, выданного кафедрой «СЗиПС», проектируется здание ремонтно-механического цеха дистанции пути на станции Коканде.

1.1.1. Климатические и геофизические характеристики района строительства

Климатические и геофизические характеристики района строительства представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

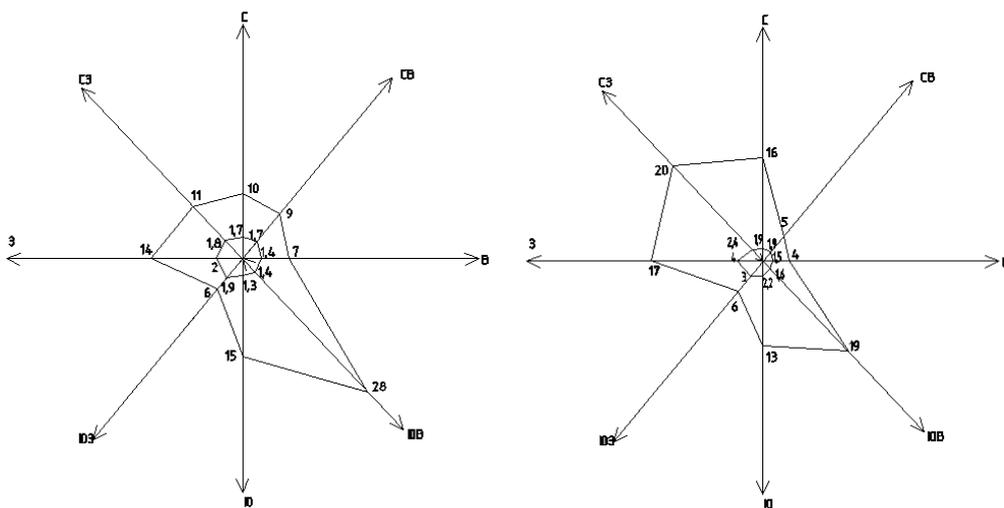
Характеристика района строительства

№	Наименование характеристики	Значение, размерность	Источник
1	Место строительства	Коканд	[по заданию]
2	Климатический район	IV	[1]
3	Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца	+ 35,1	[1]
4	Средняя температура наиболее холодного периода	- 4	[1]
5	Грунты основания	суглинок	[по заданию]
6	Нормативная глубина промерзания грунта	Менее 80 см	[1]
7	Уровень и степень агрессивности грунтовых вод	Не агрессивные 3м	[по заданию]
8	Нормативное значение веса снегового покрова	0,7 кПа (кгс/м ²)	[2]
9	Нормативное значение ветрового давления	0,48 кПа	[2]
10	Сейсмичность района строительства	8 ₁	[3]
11	Сейсмичность площадки строительства	8	

Данные для построения розы ветров представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Месяц	Январь								Июль							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Направление																
Повторяемость, %	10	9	7	28	15	6	14	11	16	5	4	19	13	6	17	20
Скорость, м/с	1,7	7	4	1,4	1,3	1,9	2	1,8	1,9	1,8	1,5	1,6	2,2	3	4	2,4



а) роза ветров за январь месяц б) роза ветров за июль месяц

1.1.2 Санитарно-гигиенические требования к производственному зданию

Санитарно-гигиенические требования к производственному зданию представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

№	Наименование требования	Значение, размерность	Источник
1	Санитарный класс здания	II	[8]
2	Ширина защитной полосы	500м	[8]
3	Категория производственных процессов по тяжести работ	Средней тяжести	[8]
4	Разряд зрительной работы	IV	[7]
5	Допустимая ориентация по сторонам света	Продольные оси следует ориентировать в пределах 45° - 110° к меридиану	[5]

1.1.3. Противопожарные требования

Противопожарные требования представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

№	Наименование требования	Значение, размерность	Источник
1	Класс ответственности здания	II	[12]
2	Категории помещений по взрывоопасной и пожарной опасности а) отделение жб изделий б) отделение деревообработки в) кузнечное отделение г) малярное отделение д) сантехническое отделение е) слесарно-ремонтное отделение	В Г Г Г Д Д	[12]
3	Категория здания по взрывопожарной опасности	В	[12]
4	Требуемая степень огнестойкости	IIIб	[12]
5	Минимальные пределы огнестойкости строительных конструкций: а) колонны б) стеновые панели в) стропильные конструкции г) плиты покрытий	1ч 0,25ч 0,75ч 0,25ч	[10]
6	Необходимое количество эвакуационных выходов из здания	Не менее двух	[10]
7	Предельное расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода	95м	[10]
8	Ширина путей эвакуации в свету	Не менее 1м	[10]
9	Ширина дверей	Не менее 0,8м	[10]

1.2. Генеральный план

Участок строительства принят прямоугольной формы размерами в плане 222 м x 163 м. Общая площадь территории составляет 3,618 га.

На территории предусмотрены следующие объекты: производственное здание, АБК, здание управления, склады, гараж, склад горюче смазочных материалов, контрольно пропускной пункт, водоем, спорт. площадка, автостоянка, площадка для отдыха.

Вход на территорию предусмотрен через пропускной пункт. На площади перед АБК расположены цветники и фонтаны.

Все свободные участки территории озеленены. На территории размещен водоем, служащий для организации микроклимата в зоне отдыха, а также для противопожарных целей.

Основные технико-экономические показатели по генплану

Площадь предприятия - 3,619 Га

Площадь застройки - 6897 м²

Площадь дорог – 16816 м²

Процент озеленения – 16827 м²

Коэффициент застройки – 52 %

1.3. Проектирование ремонтно-механического цеха

1.3.1. Объемно-планировочное решение здания цеха

Основные габаритные размеры

Здание ремонтно механического цеха принято одноэтажным, двухпролетным.

Все пролеты по 24 м. Размеры здания в плане: в осях - 48 м х 72 м; общие габаритные – 48,4 м х 72,4 м.

Шаг колонн крайних и средних рядов принят 6м.

Высота до низа стропильных конструкций составляет 10,8 м.

1.3.2. Внутрицеховое подъемно-транспортное оборудование

Все два пролета оборудованы опорными мостовыми кранами грузоподъемностью 5т.

Высота до головки кранового рельса составляет 8,15м.

1.3.3. Обоснование привязок к разбивочным осям

Размеры привязок назначены так, чтобы исключить или свести к минимуму применение доборных элементов.

Привязка колонн крайних рядов и наружных стен к продольным осям принята «нулевая», так как здание выполнено в полном ж.б.каркасе, оборудовано мостовыми кранами грузоподъемностью до 5т, шаг колонн 6 м с высотой менее 12 м.

Колонны средних рядов имеют «осевую» привязку.

Привязка колонн основного каркаса торцевых стен к поперечным разбивочным осям принята «500».

1.3.4. Деформационные швы

Для предохранения конструктивных элементов здания от образования трещин вследствие деформаций, вызываемых колебаниями температуры наружного и внутреннего воздуха в здании предусмотрен поперечный температурный шов, который совмещается с антисейсмическим.

1.3.5. Расположение основных помещений, решение фасадов, отделка помещений

Отделение железобетонных изделий непосредственно связан с отделением деревообработки и кузнечным отделением. Кузнечное отделение связано с малярным отделением и сантехнической мастерской которая имеет смежное расположение с помещением для слесарно ремонтного оборудования.

Всего из здания цеха предусмотрено 4 выхода на улицу. По периметру здания с интервалом менее 100 м размещены пожарные лестницы: две маршевые ЛП-1 и одна вертикальная ЛП-2. Кровля имеет ограждение по длинным сторонам за счет более высоких парапетных панелей из металлической решетки.

Фасад здания цеха определен ленточной разрезкой на стеновые панели и двухярусным ленточным остеклением. Высота первого яруса составляет 5,4 м, а второго 1,8 м.

Принята следующая наружная отделка здания. Наружные поверхности стеновых панелей затираются цементным раствором с расшивкой швов и окрашиваются силикатной краской синего и желтого цвета. Оконные переплеты окрашиваются масляной краской светло-серого цвета, ворота – стального цвета.

Внутренняя отделка помещений здания цеха принята следующая:

- потолок – затирка и известковая покраска;
- стены и перегородки – затирка и клеевая побелка белого цвета;
- низ стен и перегородок – окраска масляной краской в серо-голубой цвет;
- колонны – затирка и покраска силикатной краской светло-голубого цвета;
- подкрановые балки и связи – окраска масляной краской в белый цвет.

Конструкция полов принята одинаковой для всех производственных помещений. Она состоит из следующих слоев: основание – уплотненный грунт, подстилающий слой – бетон класса В15 толщиной 200 мм, прослойка – цементно-песчаный раствор марки М200 толщиной 40 мм, покрытие – бетон мозаичного состава толщиной 25 мм.

1.3.6. Техничко-экономические показатели по зданию цеха

1. Площадь застройки – 3518,68 м²
2. Рабочая площадь – 3470,4м²
3. Строительный объем - 52780,2 м³
4. К₁ = 15,2 - коэффициент рациональности объемного решения

1.3.7. Конструктивное решение здания цеха

Здание цеха выполнено в полном железобетонном каркасе. Здание одноэтажное, двух пролетное. Пролеты - по 24 м. Шаг колонн крайних и средних рядов принят 6 м.

Устойчивость здания в поперечном направлении обеспечивается двухпролетной рамой, стойки которой жестко защемлены в фундамент, а стропильные конструкции шарнирно соединены со стойками.

Устойчивость в продольном направлении обеспечивается системами связей по колоннам и в покрытии, жестким диском покрытия, подкрановыми балками.

Фундаменты приняты столбчатые стаканного типа, железобетонные, монолитные. Отметка глубины заложения подошвы фундамента минус 1,050. Обрез фундаментов находится на отметке минус 0,150.

Размеры подошв фундаментов приняты: под основные колонны крайнего ряда в пролете 24 м - 2,1 м x 2,7 м, под колонны среднего ряда – 2,4 м x 3,0 м, под стойки торцового фахверка – 1,8 м x 1,8 м, под внутренние фахверковые стойки – 1,5 м x 1,5 м.

Фундаментные балки приняты по серии I.415-I, выпуск I. Имеют трапециевидное сечение. Отметка верха фундаментной балки минус 0,030. Балки опираются на бетонные фундаментные столбики, уложенные на ступень фундамента. Гидроизоляция фундаментов выполнена в виде обмазки горячим битумом. Между стеновой панелью и фундаментной балкой расположена горизонтальная гидроизоляция стен из цементно-песчаного раствора.

Колонны основного каркаса приняты по серии КЭ-01-49 выпуск 1 марок КП1-10, КП1-13.

Фахверковые колонны приняты по серии 460-75, выпуск 1-1 марок КФ34-1.

Металлические приколонные фахверковые стойки приняты по серии 1.030.1, выпуск 03 марок СФ16 и СФ12.

Связи по колоннам приняты по серии 1.424.1-5, выпуск 1/87 марок СВ-136, СВ-147, СВ-197, СВ-200.

Несущие конструкции покрытия приняты в виде железобетонных сегментных ферм пролетом 24 м по серии ПК-01-110/68, выпуск 1 марки ФСМ24П-3А VI.

Связи по стропильным конструкциям приняты по серии 1.463-13с, выпуск 3 марок ВС-127, ВС-128, ВС-140, ВС-129, ВС-131, ГС-145, ГС-149, С-123.

В покрытии зданий с расчетной сейсмичностью 8 баллов устанавливаются по продольным рядам колонн вертикальные связи между опорными участками стропильных ферм и распорки по верху колонн.

Балки подкрановые приняты железобетонные по серии КЭ-01-50, вып.1,2 марки БКНВ-6-1К БКНА12-1К. Крепление крановых рельсов типа КР-70 предусмотрено по ГОСТ 24741-81. Уровень головки рельса 8,15 м.

Стеновые панели приняты навесными легкобетонными по серии I.432.5 марок ПСЛ 20 - 1,2х6, ПСЛ 20 - 1,8х6.

Швы между стеновыми панелями заполняются цементным раствором марки М50.

Плиты покрытия приняты ребристыми по ГОСТ 22701.1-77** марки ПАIV-3х6. Все плиты привариваются в трех точках электродами Э-42А, высота шва 6 мм. В продольные швы между плитами устанавливаются арматурные каркасы МК-1. Затем швы заливаются бетоном класса В15.

Кровля принята скатная. Состав кровли: обмазочная пароизоляция, утеплитель из пенобетонных плит толщиной 100 мм, стяжка из цементно-песчаного раствора М 50 толщиной 20 мм, трехслойный рубероидный ковер и слой гравия в мастике.

Водоотвод принят внутренний посредством 12 воронок. Расстояние между воронками 24 – 42 м. По периметру здания размещаются пожарные лестницы с интервалом менее 100 м. Имеются лестницы по торцам фонарей.

Перегородки приняты по серии I.030.9-2, выпуск 1 следующих марок ПГ 60.18-2-Т, ПГ 60-15-2-Т, ПГ 60.30-2-Т-Д1. Крепятся они к железобетонным колоннам.

Полы приняты одинаковыми для всех помещений. Состав полов: основание – уплотненный грунт, подстилающий слой – бетон класса В15 толщиной 200 мм, прослойка – цементно-песчаный раствор марки М200 толщиной 40 мм, покрытие - бетон мозаичного состава толщиной 25 мм.

Окна приняты ленточные. Высота нижнего яруса 5,4 м, а верхнего -1,8 м. Переплеты спаренные деревянные. Остекление – двойное листовое стекло.

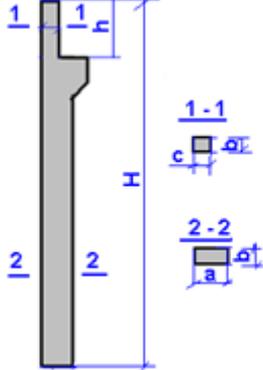
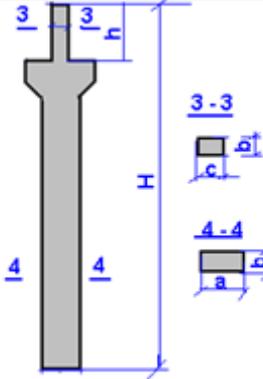
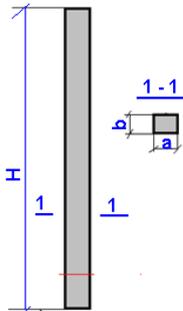
Ворота приняты металлические распашные шириной 4,5 м и высотой 5,4 м марки Вр 4,9х5,4 по шифру 259-75.

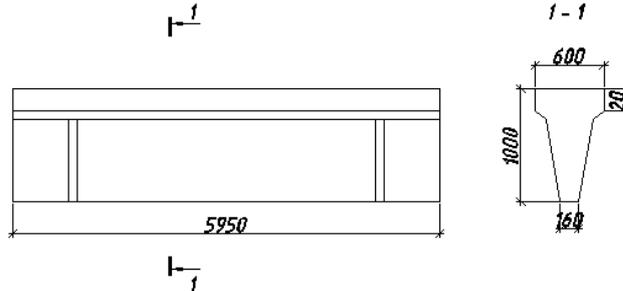
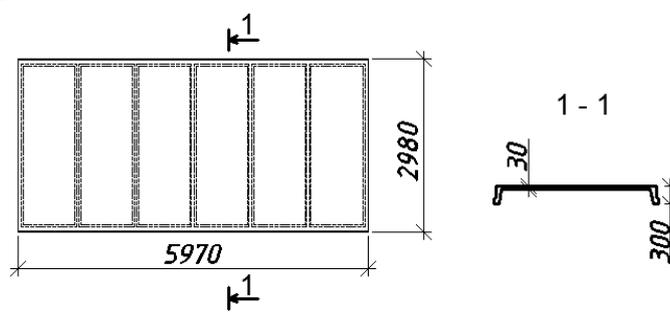
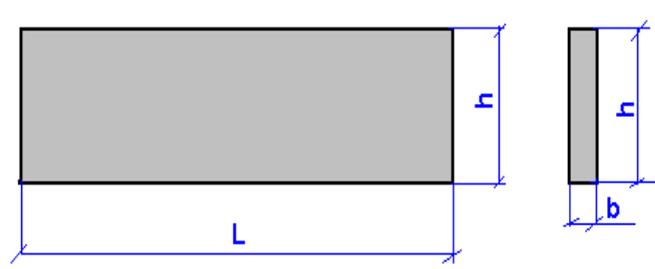
Подпольные каналы приняты по серии 3.0006.1-2.87.

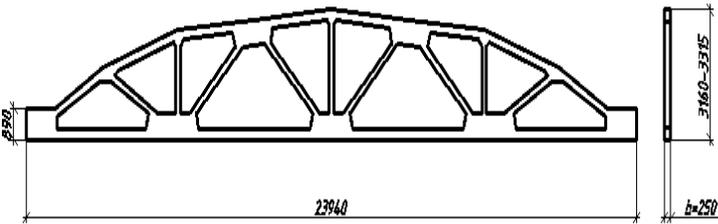
1.3.8. Выбор конструктивных элементов промышленного здания

Выбор конструктивных элементов промышленного здания представлен в табл. 1.5.

Таблица 1.5

№	Наименование	Серия, марка	Схема и размеры
1	Колонна крайнего ряда	КЭ-01-49, вып.1 КП1-10	 <p> $a = 800 \text{ мм}$ $H = 11,8$ $V_{\text{бетона}} = 3,22 \text{ м}^3$ класс В20 $b = 400 \text{ мм}$ $h = 3,8$ $m_{\text{стали}} = 291 \text{ кг}$ $c = 380 \text{ мм}$ $G_{\text{кол}} = 80 \text{ кН}$ </p>
2	Колонна среднего ряда	КЭ-01-49, вып.1 КП1-13	 <p> $a = 800 \text{ мм}$ $H = 10,8$ $V_{\text{бетона}} = 4,05 \text{ м}^3$ класс В20 $b = 400 \text{ мм}$ $h = 3,8$ $m_{\text{стали}} = 440 \text{ кг}$ $c = 600 \text{ мм}$ $G_{\text{кол}} = 101 \text{ кН}$ </p>
3	ЖБ фахверковая колонна	460-75, вып.1-1 КФ34-1	 <p> $a = 500 \text{ мм}$ $b = 400 \text{ мм}$ $H = 8000 \text{ мм}$ </p>

4	Подкрановая балка	КЭ-01-40, вып.1 БКНВ-6-1К	 <p> $L=5950\text{мм}$ $V_{\text{бетона}}=1,66\text{ м}^3$ класс В25 $B=600\text{мм}$ $m_{\text{стали}}=234\text{ кг}$ $H=1000\text{мм}$ $G_{\text{балки}}=42\text{ кН}$ </p>
5	Плиты покрытий	1.465-7, вып. 0-5. ПА-IV-3x6	 <p> $L=5970\text{мм}$ $V_{\text{бетона}}=1,07\text{ м}^3$ класс В30 $B=2980\text{мм}$ $m_{\text{стали}}=80\text{ кг}$ $H=300\text{мм}$ $G_{\text{плиты}}=27\text{ кН}$ </p>
6	Стеновые панели	1.432-5, вып.1 ПСЛ20-1,2x6 ПСЛ20-1,8x6	 <p> $h = 1,2; 1,8\text{м}$ $V_{\text{бетон}}=1,14\text{ и }1,7\text{ м}^3$ $l = 6000\text{ мм};$ $m_{\text{сталь}}=119\text{ и }151\text{ кг}$ $b = 200\text{мм}$ $G_{\text{плиты}}=20\text{ и }30\text{ кН}$ </p>

<p>7</p>	<p>Стропильные фермы</p>	<p>ПК-01-129/68, вып.1-3 ФСМ24П- 3АVI</p>	 <p> $V_{\text{бетон}} = 4,47 \text{ м}^3$ класс В30 $m_{\text{сталь}} = 776 \text{ кг}$ $G_{\text{фермы}} = 112 \text{ кН}$ </p>
----------	------------------------------	---	--

2. Расчетно – конструктивный раздел

2.1. Расчет и конструирование предварительно напряженной сегментной стропильной фермы пролетом

2.1.1. Исходные данные:

- 1) Пролет 24м, шаг ферм 6м, ширина плит покрытия 3м;
- 2) Бетон тяжелый класса В30; $R_b = 17\text{МПа}$; $R_{bt} = 1,2\text{ МПа}$, $E_b = 29 * 10^3\text{ МПа}$, $R_{bt,ser} = 1,8\text{ МПа}$
- 3) Арматура
 - а) напрягаемая продольная в нижнем поясе – из стали класса А-VI; $R_s = 815\text{ МПа}$; $R_{sn}=900\text{МПа}$;
 - б) ненапрягаемая в виде сварных каркасов продольная и поперечная – из стали класса А-III;
 $R_s = 365\text{ МПа}$; $R_{sw} = 285\text{ МПа}$; $E_s = 20 * 10^4\text{ МПа}$;
- 4) Способ натяжения арматуры – механический с помощью гидродомкратов на упоры стенда.
- 5) Технология изготовления – стендовая с одновременным бетонированием поясов и решетки
- 6) Конструкционные требования при монтаже.

Верхний пояс фермы имеет ломанное очертание с прямолинейными участками между узлами. Опорные узлы ее принимаются высотой 890мм. Ферма проектируется с учетом опирания ее на железобетонные колонны. Крепление фермы к колонне в период монтажа осуществляется с помощью анкерных болтов, вступающих из колонны. По окончании монтажа фермы приваривают к стальным листам оголовков колонн. Крепление к ферме плит покрытия производится приваркой их к закладным элементам верхнего пояса фермы.

Общая устойчивость ферм и покрытия в процессе эксплуатации здания обеспечивается жестким диском покрытия, а так же связями.

2.1.2. Определение узловых нагрузок на ферму и расчетных усилий в ее элементах

При ширине плит покрытия 3м статический расчет ферм на узловую нагрузку производится как для статически определимой системы с шарнирным соединением элементов в узлах. При узловой нагрузке верхний пояс фермы рассчитывается на центральное сжатие.

Расчет фермы выполняется на основное сочетание нагрузок. Геометрическая схема фермы представлена на рис. 2.1, расчетная схема фермы на вертикальную узловую нагрузку – на рис. 2.2.

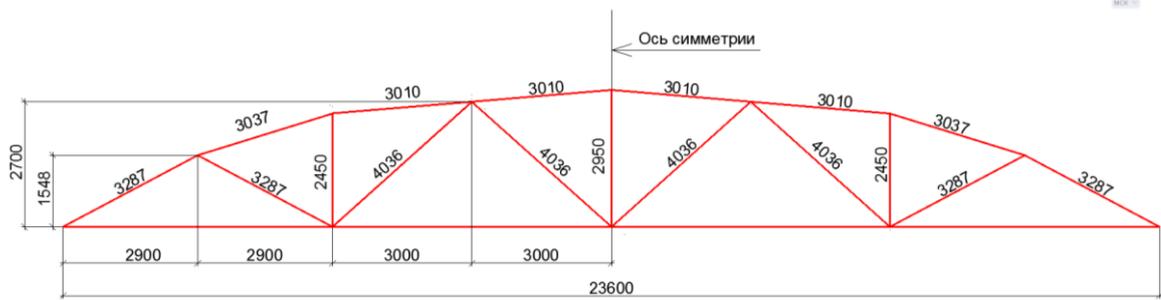


Рис. 2.1. Геометрическая схема фермы

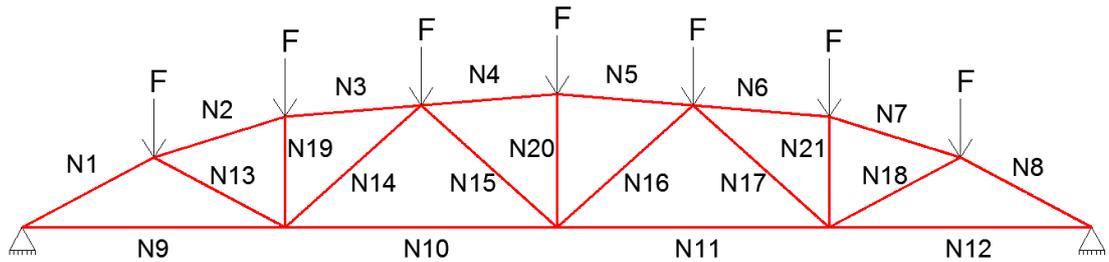


Рис. 2.2. Расчетная схема фермы

Величины вертикальных нагрузок на ферму приведены в табл. 2.1

Расчетная нагрузка на 1м фермы

$$q = (0,18 + 0,42 + 0,06 + 1,96 + 0,7) * 6 + 2,94 + \frac{123,2}{24} = 27,933 \text{ кН/м} = 28 \text{ кН/м}$$

$$q_l = (0,18 + 0,42 + 0,06 + 1,96) * 6 + 2,94 + \frac{123,2}{24} = 18,66 \text{ кН/м}; \quad \frac{q_l}{q} = \frac{18,66}{28} = 0,85$$

Таблица 2.1

Определение нагрузок на ферму

Нагрузка	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
Вес кровли: кН/м ²			
- рулонный ковер	0,15	1,2	0,18
- асфальтовая стяжка	0,35	1,2	0,42
- обмазочная пароизоляция	0,05	1,2	0,06
- плиты покрытия с заливкой швов:	1,78	1,1	1,96
Вес фермы, кН	112	1,1	123,2
Эквивалентная нагрузка на ферму от подвесных грузов кН/м	8,91	1,1	2,94
Вес снега кН/м ²	0,5	1,4	0,7

Узловая нагрузка на ферму

$$F = 28 * 3 = 84 \text{ кН}$$

Усилия в стержнях фермы от единичных сил, приложенных в узлах верхнего пояса, приведены в табл. 2.2. Они могут быть подсчитаны любым методом теоретической механики. Определяем усилия в стержнях фермы (табл. 2.3), умножая единичные усилия (табл. 2.2.) на значения узловой нагрузки.

Таблица 2.2

Значение усилий в стержнях от единичных сил, кН

Обозначение усилий в стержнях	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Верхний пояс							
N1	-1,862	-1,602	-1,332	-1,062	-0,792	-0,522	-0,261
N2	-0,935	-1,870	-1,554	-1,239	-0,924	-0,609	-0,305
N3	-0,896	-1,791	-1,489	-1,188	-0,886	-0,584	-0,292
N4	-0,493	-0,986	-1,496	-2,006	-1,496	-0,986	-0,493
N5	-0,292	-0,986	-1,496	-2,006	-1,496	-0,986	-0,493
N6	-0,292	-0,584	-0,886	-1,188	-1,489	-1,791	-0,896
N7	-0,305	-0,609	-0,924	-1,239	-1,554	-1,870	-0,935
N8	-0,261	-0,522	-0,792	-1,062	-1,332	-1,602	-1,862
Нижний пояс							
N9	1,643	1,413	1,175	0,937	0,698	0,46	0,23
N10	0,673	1,347	2,044	1,629	1,215	0,801	0,4
N11	0,400	0,801	1,215	1,629	2,044	1,347	0,673
N12	0,23	0,460	0,698	0,937	1,175	1,413	1,643
Раскосы							
N13	-0,851	0,422	0,351	0,280	0,209	0,138	0,069
N14	0,295	0,590	-0,752	-0,560	-0,447	-0,293	-0,147
N15	-0,245	-0,490	-0,743	0,498	0,372	0,245	0,122
N16	0,122	0,245	0,372	0,498	-0,743	-0,490	-0,245
N17	-0,147	-0,293	-0,447	-0,560	-0,752	0,590	0,295
N18	0,069	0,138	0,209	0,280	0,351	0,422	-0,851
Стойки							
N19	0,203	-0,594	0,338	0,269	0,201	0,132	0,066
N20	0,082	0,164	0,248	-0,667	0,248	0,164	0,082
N21	0,066	0,132	0,201	0,269	0,338	-0,594	0,203

Таблица 2.3

Значение усилий в стержнях фермы в зависимости от узловых нагрузок, кН

Обозначение усилий в стержнях	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	$\sum_{i=1}^7 F_i$
Верхний пояс								
N1	-156,41	-134,57	-111,89	-89,21	-66,53	-43,85	-21,92	-624,4
N2	-78,54	-157,08	-130,54	-104,08	-77,61	-51,15	-25,62	-624,6
N3	-75,26	-150,44	-125,08	-99,79	-74,42	-49,05	-24,53	-598,6
N4	-41,41	-82,82	-125,66	-168,5	-125,66	-82,82	-41,41	-668,3
N5	-41,41	-82,82	-125,66	-168,5	-125,66	-82,82	-41,41	-668,3
N6	-24,53	-49,05	-74,42	-99,79	-125,08	-150,44	-75,26	-598,6
N7	-25,62	-51,15	-77,61	-104,08	-130,54	-157,08	-78,54	-624,6
N8	-21,92	-43,85	-66,53	-89,21	-111,89	-134,57	-156,41	-624,4
Нижний пояс								
N9	138,01	118,69	98,7	78,71	58,63	38,64	19,32	550,7
N10	56,53	113,15	171,69	136,83	102,06	67,28	33,6	681,1
N11	33,6	67,28	102,06	136,83	171,69	113,15	56,53	681,1
N12	19,32	38,64	58,63	78,71	98,7	118,69	138,01	550,7
Раскосы								
N13	-71,48	35,45	29,48	23,52	17,55	11,59	5,79	51,9
N14	24,78	49,56	-63,17	-47,04	-37,55	-24,78	-12,35	-110,4
N15	-20,58	-41,16	-62,41	41,83	31,25	20,58	10,25	-20,2
N16	10,25	20,58	31,25	41,83	-62,41	-41,16	-20,58	-20,2
N17	-12,35	-24,78	-37,55	-47,04	-63,17	49,56	24,78	-110,4
N18	5,796	11,59	17,55	23,52	29,48	35,45	-71,48	51,9
Стойки								
N19	17,05	-49,89	28,35	22,59	16,88	11,09	5,54	51,6
N20	6,89	13,77	20,83	-56,03	20,83	13,77	6,89	26,9
N21	5,54	11,09	16,88	22,59	28,35	-49,89	17,05	51,6

2.1.3. Расчет сжатого элемента верхнего пояса стропильной фермы

Расчет верхнего сжатого пояса ведется по наибольшему усилию $N_4 = 668,3$ кН, в том числе с учетом $N_e = 0,8 * N = 0,85 * 668,3 = 534,64$ кН

Сечение элемента 250x280 м. Случайный эксцентриситет равен большему из 3х значений:

$$1) \quad e_a = \frac{1}{600} * l = \frac{1}{600} * 300 = 0,5 \text{ см}; \quad 2) \quad e_a = \frac{1}{30} * h = \frac{1}{30} * 25 = 0,83 \text{ см};$$

$$3) \quad e_a = 1 \text{ см}$$

Принимаем $e_0 = e_a = 1 \text{ см}$

Расчетное условие: $N \leq \eta \phi (R_b * A + R_{sc} (A + A_s))$

При $e_0 = 1 \text{ см} < \frac{1}{8} * 25 = 3,1 \text{ см}$, расчетная длина элемента составит

$l_0 = 0,9 * l = 0,9 * 301 = 271 \text{ см}$; $\eta = 1$, т.к. $h = 250 \text{ мм} > 200 \text{ мм}$

Первоначально принимаем: $\phi = 1$; $\mu = 0,01$

Определяем $\frac{l_0}{b} = \frac{271}{28} = 9,7$; $\frac{Nl}{N} = \frac{534,64}{668,3} = 0,8$

по табл. находим: $\phi_b = 0,895$; $\phi_r = 0,905$

Коэффициент продольного изгиба: $\phi = \phi_b + 2(\phi_r - \phi_b) * \frac{R_{sc}}{R_b} * \mu \leq \phi_r$;

$\phi = 0,895 + 2(0,905 - 0,895) * \frac{365}{17} * 0,01 = 0,899 < \phi_r = 0,905$

Площадь сечения продольной сжатой арматуры

$(A_s + A_{s'}) = \frac{N}{\eta * \phi * R_{sc}} - A * \frac{R_b}{R_{sc}} = \frac{668300 * 0,01}{1 * 0,899 * 365} - 25 * 28 * \frac{17}{365} = -12,23 \text{ см}^2 < 0$;

т.е. по расчету арматура не требуется. Принимаем конструктивно 4ф16 АШ, $A_s + A_{s'} = 8,04 \text{ см}^2$.

Коэффициент армирования сечения

$\mu = \frac{8,04}{25 * 28} = 0,011 = \mu = 0,01$.

Поперечные стержни назначаем в соответствии с условием проектирования сварных каркасов. Принимаем $d_{sw} = 6 \text{ АШ}$ с шагом $S = 250 \text{ мм}$, что равно $h = 250 \text{ мм}$ и меньше $20d = 20 * 16 = 320 \text{ мм}$.

2.1.4. Расчет растянутого элемента нижнего пояса фермы

Расчет на прочность. Рассчитываем элемент нижнего пояса на усилие $N_{10} = 681,1 \text{ кН}$. сечение нижнего пояса $25 \times 30 \text{ см}$. Площадь сечения растянутой напрягаемой арматуры при $\gamma_{s6} = \eta = 1,1$ равна

$$A_{sp} = \frac{N}{\gamma_{s6} * R_s} = \frac{681100}{1,1 * 815 * 100} = 7,6 \text{ см}^2.$$

Принимаем: 4ф16 АШ, $A_{sp} = 8,04 \text{ см}^2 > 7,6 \text{ см}^2$

Расчет на трещиностойкость. Элемент относится к 3-й категории.

Предварительное напряжение в напрягаемой арматуре: $\delta_{sp} = R_{s,ser} - P$;

где $P = 0,05 * \delta_{sp}$; $\delta_{sp} = \frac{R_{s,ser}}{1,05} = \frac{980}{1,05} = 933 \text{ МПа}$.

Площадь приведенного сечения элемента

$$A_{red} = A + \alpha * A_{sp} = 25 * 30 + \frac{19 * 10^4}{29 * 10^3} * 8,04 = 803 \text{ см}^2.$$

Передачная прочность бетона $R_b = 0,7 * B = 0,7 * 30 = 21 \text{ МПа} > 15,5 \text{ МПа}$.

Потери предварительного напряжения арматуры:

-первые потери:

от релаксации напряжения арматуры

$$\delta_1 = 0,1 * \delta_{sp} - 20 = 0,1 * 933 - 20 = 73,3 \text{ МПа};$$

от температурного перепада при $\Delta t = 65^\circ \text{C}$

$$\delta_2 = 1,25 * \Delta t = 1,25 * 65 = 81,25 \text{ МПа}.$$

Усилие предварительного обжатия с учетом потерь напряжений δ_1 и δ_2
 $P_0 = (\delta_{sp} - \delta_1 - \delta_2) * A_{sp} = (933 - 73,3 - 81,25) * 8,04 = 6259 \text{ МПа см}^2 = 626 \text{ кН}$.

Сжимающее напряжение в бетоне в стадии предварительного обжатия

$$\delta_{вп} = \frac{P_0}{A_{ред}} = \frac{6260}{803} = 7,79 \text{ МПа.}$$

Коэффициент $\alpha = 0,25 + 0,025 * R_{вп} = 0,25 + 0,025 * 21 = 0,775 < 0,8$.

Принимаем: $\alpha = 0,775$.

$$\text{Отношение } \frac{\delta_{вп}}{R_{вп}} = \frac{7,79}{21} = 0,37 < 0,775 = \alpha.$$

Потери от быстроснатекающей ползучести бетона

$$\delta_6 = 40 * \frac{\delta_{вп}}{R_{вп}} * 0,85 = 40 * \frac{7,79}{21} * 0,85 = 12,61 \text{ МПа.}$$

Усилие предварительного обжатия с учетом первых потерь

$$P_{o1} = (\delta_{sp} - \delta_1 - \delta_2 - \delta_6) * A_{sp} = (933 - 73,3 - 81,25 - 12,61) * 8,04 = 6157 \text{ МПасм}^2 = 616 \text{ кН.}$$

-Вторые потери:

От усадки бетона класса В30 - $\delta_8 = 35 \text{ МПа}$.

От ползучести бетона при $\frac{\delta_{вп}}{R_{вп}} = 0,37 < 0,75$;

$$\delta_9 = 150 * \alpha * \frac{\delta_{вп}}{R_{вп}} = 150 * 0,85 * 0,37 = 47,17 \text{ МПа.}$$

Суммарные потери предварительного напряжения арматуры составляют:

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_6 + \delta_8 + \delta_9 = 73,3 + 81,25 + 12,61 + 35 + 47,17 = 249,33 \text{ МПа} > 100 \text{ МПа.}$$

Усилие предварительного обжатия с учетом всех потерь

$$P_{o2} = (\delta_{sp} - \delta_{\text{tot}}) * A_{sp} = (933 - 249,33) * 8,04 = 5497 \text{ МПа см}^2 = 549,7 \text{ кН.}$$

Проверка нижнего пояса фермы по образованию трещин, нормальных к продольной оси элемента, производится из условия: $N_{ser} \leq N_{crc}$,

$$\text{где } N_{crc} = R_{bt,ser} * (A + 2\alpha * A_s) + P_{o2} = 1,8 (25 * 30 + 2 * \frac{19 * 10^4}{29 * 10^3} * 8,04) * 0,1 + 549,7 = 703,6 \text{ кН;}$$

$$N_{ser} = \frac{N}{\gamma_{f,m}} = \frac{681,1}{1,2} = 567,6 \text{ кН} < N_{crc} = 703,6 \text{ кН,}$$

следовательно, трещины не образуются.

2.1.5. Расчет элементов решетки

Рассмотрим раскосы, которые подвергаются растяжению максимальным усилием $N = 51,9 \text{ кН}$, с учетом коэффициента $\gamma = 0,85 \Rightarrow N_{ed} = 44,11 \text{ кН} = 0,85 * 51,9 \text{ кН}$.

Сечение раскосов $18 \times 12,5 \text{ см}$, арматура класса АIII, $R_s = 365 \text{ МПа}$.

Требуется площадь рабочей арматуры по условию прочности:

$$A_s = \frac{N}{R_s} = \frac{51900}{365 * 100} = 1,42 \text{ см}^2.$$

Принимаем $4\phi 12$ АIII $A_s = 4,52 \text{ см}^2 > 1,42 \text{ см}^2$.

Процент армирования $\mu = \frac{A_s}{A} * 100 = \frac{4,52}{18 * 12,5} * 100 = 2\% > \mu_{min} = 1\%$.

Определяем ширину длительного раскрытия трещин a_{crc} при действии усилия от постоянных и длительных нагрузок, учитываемых с коэффициентом $\gamma_f = 1$.

$$N_{ed}^n = \frac{N_{ed}}{\gamma_{f,m}} = \frac{44,11}{1,2} = 36,8 \text{ кН};$$

$$\delta_s = \frac{N_{ed}}{A_s} = \frac{36,8 \cdot 1000}{4,52} = 8140 \text{ Н/см}^2 = 81,4 \text{ МПа}; \quad \mu = \frac{A_s}{A_B} = \frac{4,52}{18 \cdot 12,5} = 0,02;$$

$$a_{cr} = \delta \phi_e \Pi * \frac{\delta_s}{E_s} * 20 (3,5 - 100\mu) * \sqrt[3]{12} = 1,2 * 1,3 * 1 * \frac{81,4}{20 \cdot 10^4} * 20 (3,5 - 100 * 0,02) * \sqrt[3]{12} = 0,044 \text{ мм} < 0,3 \text{ мм} (a_{cr2});$$

где $\phi_e = 1,6 - 15 * 0,02 = 1,3$; $\gamma_{f,m} = 1,2$ – средний коэффициент надежности по нагрузке для пересчета расчетных усилий в нормативные.

Принятое сечение раскоса по длительному раскрытию трещин удовлетворяет условию трещиностойкости.

Остальные растянутые стойки, для которых значения усилий меньше, армируем конструктивно 4ф10 АШ, $A_s = 3,14 \text{ см}^2$.

$$\text{Процент армирования } \mu = \frac{A_s}{A} = \frac{3,14 \cdot 100}{18 \cdot 12,5} = 1,39\% > \mu_{\min} = 1\%.$$

Несущая способность сечения $N_s = R_s * A_s = 365 * 100 * 3,14 = 114,7 * 10^3 \text{ Н} = 115 \text{ кН}$.

Рассчитываем наиболее загруженные сжатые раскосы $N = 110,4 \text{ кН}$; $N_e = 0,85 * 110,4 = 93,84 \text{ кН}$.

Геометрическая длина раскосов $l = 404 \text{ см}$, расчетная $l_0 = 0,9 l = 0,9 * 404 = 363 \text{ см}$. Расчет раскосов ведут как внецентренно сжатых элементов с учетом случайного эксцентриситета

$$e_a = \frac{l_0}{600} = \frac{363}{600} = 0,605 \text{ см и не менее } 1 \text{ см; принят } e_a = 1 \text{ см}.$$

Отношение $\frac{l_0}{h} = \frac{363}{12,5} = 29,0 > 20$, расчет следует выполнять с учетом влияния прогиба на значение эксцентриситета продольной силы. Принимаем симметричное армирование сечения, $A_s = A_s'$; $\xi = \frac{x}{h_0} = 1$ и $\Pi = 1$.

Требуемая площадь сечения арматуры по условию

$$A_s = A_s' = \frac{N_e - \gamma_{b2} * R_b * S_0}{R_{sc} (h_0 - a')} = \frac{93840 * 6,5 - 15,3 * (100) * 1406}{365 * 100 (14,5 - 3,5)} = -3,84 < 0;$$

где $e = e_0 \Pi + \frac{h}{2} - a = 1 * 1 + \frac{18}{2} - 3,5 = 6,5 \text{ см}$ – эксцентриситет, с учетом влияния прогиба элемента;

$$\gamma_{b2} * R_b = 0,9 * 17 = 15,3 \text{ МПа};$$

$$S_0 = 0,5bh^2 = 0,5 * 18 * 12,5^2 = 1406 \text{ см}^3.$$

Принимаем из конструктивных соображений 4ф10 АШ,

$$A_s = 3,14 \text{ см}^2; \quad \mu = \frac{3,14}{18 \cdot 12,5} * 100 = 1,39\%.$$

Аналогично конструктивно армируем все остальные сжатые раскосы, т.к. усилия в них меньше расчетного.

Рассмотрим стойки, которые подвергаются растяжению максимальным усилием $N = 51,6 \text{ кН}$, с учетом коэффициента $\gamma = 0,85$; $N_e = 0,85 * 51,6 = 43,86 \text{ кН}$.

Сечение стоек 18 x 12,5 см, арматура класса АШ, $R_s = 365 \text{ МПа}$.

Требуется площадь рабочей арматуры по условию прочности:

$$A_s = \frac{N}{R_s} = \frac{51600}{365 \cdot 100} = 1,41 \text{ см}^2.$$

Принимаем 4ф12 АШ $A_s = 4,52 \text{ см}^2 > 1,41 \text{ см}^2$.

Процент армирования

$$\mu = \frac{A_s}{A} \cdot 100 = \frac{4,52}{18 \cdot 12,5} \cdot 100 = 2\% > \mu_{\min} = 1\%.$$

Определяем ширину длительного раскрытия трещин a_{crc} при действии усилия от постоянных и длительных нагрузок, учитываемых с коэффициентом $\gamma_f = 1$

$$N_{\text{ed}}^n = \frac{N_{\text{ed}}}{\gamma_{f,m}} = \frac{43,86}{1,2} = 36,55 \text{ кН};$$

$$\delta_s = \frac{N_{\text{ed}}}{A_s} = \frac{36,55 \cdot 1000}{4,52} = 8086 \text{ Н/см}^2 = 80,86 \text{ МПа};$$

$$a_{\text{crc}} = \delta \phi_e \Pi * \frac{\delta_s}{E_s} * 20 (3,5 - 100\mu) * \sqrt[3]{d} = 1,2 * 1,3 * 1 * \frac{80,86}{20 \cdot 10^4} * 20 (3,5 - 100 * 0,02) * \sqrt[3]{12} = 0,043 \text{ мм} < (a_{\text{crc}})_{\min} = 0,2 \text{ мм},$$

где $\phi_e = 1,6 - 15 * 0,02 = 1,3$; $\gamma_{f,m} = 1,2$ – средний коэффициент надежности по нагрузке для пересчета расчетных усилий в нормативные.

Принятое сечение стойки по длительному раскрытию трещин удовлетворяет условию трещиностойкости.

2.2. Статический расчет поперечной рамы каркаса промышленного здания.

2.2.1. Структурная схема поперечной рамы каркаса промышленного здания.

Рассмотрим рядовую поперечную раму по оси 2 при основном сочетании нагрузок. Структурная схема поперечной рамы представлена на рис. 2.3.

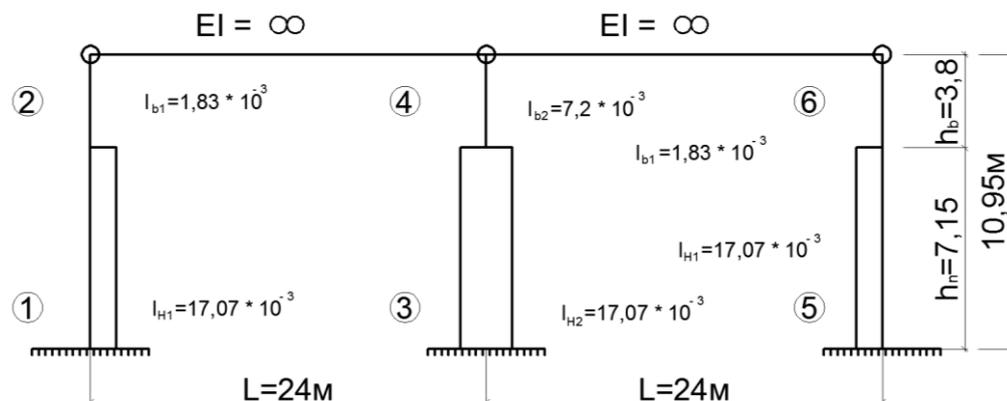


Рис. 2.3. Структурная схема поперечной рамы каркаса

$h_B = H - h = 11,8 - 8 = 3,8 \text{ м}$; $h_N = H_{\text{НСК}} - h_B + 0,15 = 10,8 - 3,8 + 0,15 = 7,15 \text{ м}$;
 где $H = 11,8 \text{ м}$ высота колонны, $h = 8,0 \text{ м}$ высота подкрановой части колонны;
 $H_{\text{НСК}} = 10,8 \text{ м}$ низ стропильной конструкции, высота здания по заданию;
 $0,15$ – расстояние от чистого пола до обреза фундамента.

Моменты инерции поперечных сечений колонны:

- А) для прямоугольного сечения надкрановой части. $I_B = av^3/12$,
 Крайняя надкрановая: $I_{B1} = 0,4 \times 0,38^3/12 = 1,83 \times 10^{-3} \text{ м}^4$.
 Средняя надкрановая: $I_{B2} = 0,4 \times 0,6^3/7,2 \times 10^{-3} \text{ м}^4$.
- Б) для прямоугольного сечения подкрановой части $I_H = ac^3/12$.
 Крайняя подкрановая: $I_{H1} = 0,4 \times 0,8^3/12 = 17,07 \times 10^{-3} \text{ м}^4$.
 Средняя подкрановая: $I_{H2} = 0,4 \times 0,8^3/12 = 17,07 \times 10^{-3} \text{ м}^4$.

2.2.2. Сбор вертикальных нагрузок на поперечную раму каркаса

2.2.2.1. Сбор постоянных нагрузок

Постоянные нагрузки от веса конструктивных элементов поперечной рамы приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Постоянные нагрузки от веса конструктивных элементов поперечной рамы

№	Вид нагрузки	Нормативные нагрузки	Коэф. надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
1	2	3	4	5
1	Кровля, кН/м ²			
	- рулонный ковер	0,15	1,2	0,18
	- асфальтовая стяжка	0,35	1,2	0,42
	- обмазочная пароизоляция	0,05	1,2	0,06
	- ж.б. плиты покрытия 3х6 с заливкой швов	1,78	1,1	1,96
	Итого:	$g_{кр}^n = 2,33$		$g_{кр} = 2,62$
2	Стропильная ферма	112	1,1	$G = 123,2$
3	Колонны:			
	- крайняя: надкрановая часть 0,4 x 0,38 x 3,8 x 25	14,44	1,1	$G_{B1} = 15,88$
	подкрановая часть $G_{H1}^n = G_k - G_{B2}^n = 80 - 14,44 = 65,56$	65,56	1,1	$G_{H1} = 72,116$
	- средняя: надкрановая часть 0,4 x 0,6 x 3,8 x 25	22,8	1,1	$G_{B2} = 25,08$
подкрановая часть $G_{H1} = G_c - G_{B4}^n = 101 - 22,8 = 78,2$	78,2	1,1	$G_{H2} = 86,02$	
4	Балка подкрановая, кН	42	1,1	$G_{п.б.} = 46,2$
5	Стеновые панели, кН/м ²	2,2	1,1	$g_{ст.п.} = 2,42$
6	Оконное остекление, кН/м ²	0,4	1,1	$g_{ост.} = 0,44$

$$P_{11} = g_{кр} * Ld/2 + G_{\phi}/2 + g_{стр.п.} * d * h_1 = 2,62 * 24 \times 6 / 2 + 123,2 / 2 + 2,42 * 6 * 1,8 = 276,4 \text{ кН},$$

$$P_{12} = G_{B1} + g_{стр.п.} * d * (h_2 + h_4) + g_{ост} * d * h_3 = 15,88 + 2,42 * 6 * (0,6 + 1,4) + 0,44 * 6 * 1,8 = 49,67 \text{ кН},$$

$$P_{13} = G_{п.б.} = 46,2 \text{ кН},$$

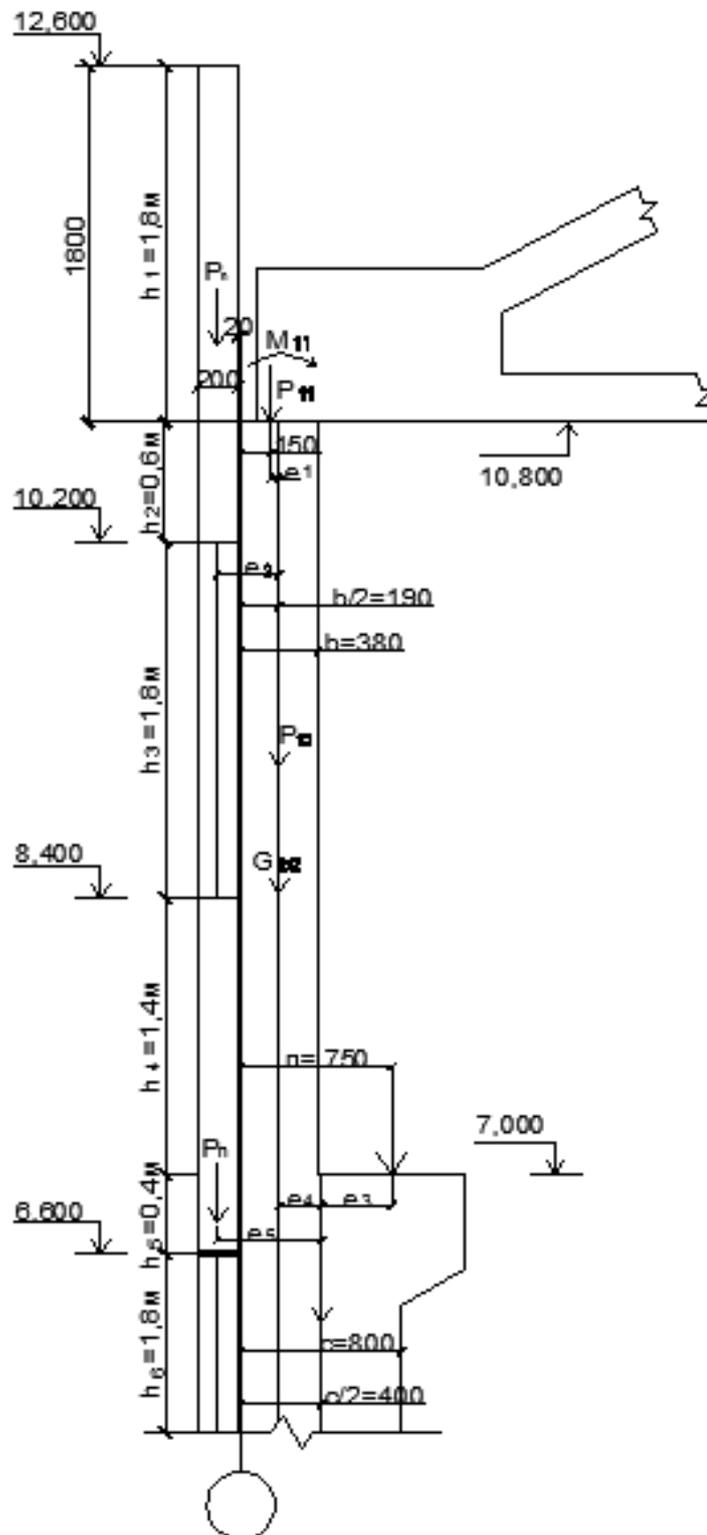


Рис. 2.4. К определению постоянных нагрузок

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 12,6 - 10,8 = 1,8\text{м}; \\
 h_2 &= 10,8 - 10,6 = 0,6\text{м}; \\
 h_3 &= 10,2 - 8,4 = 1,8\text{м}; \\
 h_4 &= 8,4 - 7 = 1,4\text{м}; \\
 h_5 &= 7,0 - 6,6 = 0,4\text{м}; \\
 h_6 &= 1,8\text{м};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_1 &= b/2 - 150 = 380/2 - 150 = 40\text{мм}; \\
 e_2 &= b/2 + 20 + h_{\text{ст.п.}}/2 = 380/2 + 20 + 100 = 310\text{мм}; \\
 e_3 &= \pi - c/2 = \lambda - c/2 = 750 - 400 = 350\text{мм}; \\
 e_4 &= c/2 - b/2 = 400 - 190 = 210\text{ мм}; \\
 e_5 &= c/2 + 20 + h_{\text{ст.п.}}/2 = 400 + 20 + 100 = 520\text{ мм.}
 \end{aligned}$$

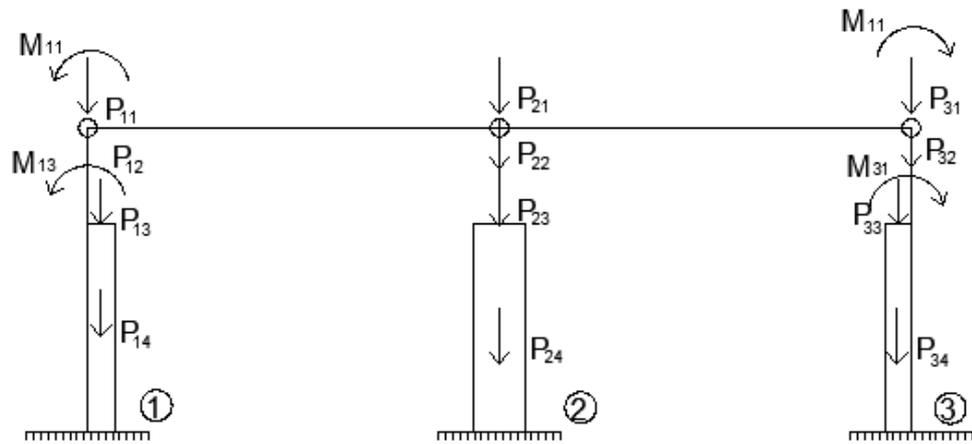


Рис. 2.5. Расчетная схема поперечной рамы на действие постоянных нагрузок

$$P_{14} = G_{H1} + g_{\text{ст.п.}} * d * h_5 + g_{\text{ост.}} * d * h_6 = 72,116 + 2,42 * 6 * 0,4 + 0,44 * 6 * 1,8 = 82,2 \text{ кН};$$

$$P_{21} = g_{\text{кр}} * L * d + G_{\phi} = 2,62 * 24 * 6 + 123,2 = 500,48 \text{ кН};$$

$$P_{22} = G_{B2} = 25,08 \text{ кН};$$

$$P_{23} = 2G_{\text{п.б.}} = 2 * 46,2 = 92,4 \text{ кН};$$

$$P_{24} = G_{H2} = 86,02 \text{ кН};$$

где L и d – соответствующий пролет и шаг колонн.

Изгибающие моменты от постоянной нагрузки составляют

$$M_{11} = - (g_{\text{кр}} * Ld/2 + G_{\phi}/2) * l_1 - g_{\text{ст.п.}} * d * h_1 * l_2 = - (2,62 * 24 * 6/2 + 123,2/2) * 0,04 - 2,42 * 6 * 18 * 0,31 = -18,11 \text{ кНм};$$

$$\begin{aligned}
 M_{13} &= - (g_{\text{кр}} * Ld/2 + G_{\phi}/2) (l_1 + l_4) - G_{B1} * l_4 - g_{\text{ст.п.}} * d (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) * l_5 - \\
 &g_{\text{ост.}} * d (h_3 + h_B) * l_5 + P_{13} * l_3 = - (2,62 * \frac{24*6}{2} + 123,2) * (0,04 + 0,21) - 15,88 * \\
 &0,21 - 2,42 * 6 * (1,8 + 0,6 + 1,4 + 0,4) * 0,52 - 0,44 * 6 * (1,8 + 1,8) * 0,52 + \\
 &46,2 * 0,35 = \\
 &= - 86,37 \text{ кН.}
 \end{aligned}$$

2.2.2.2. Определение снеговых нагрузок

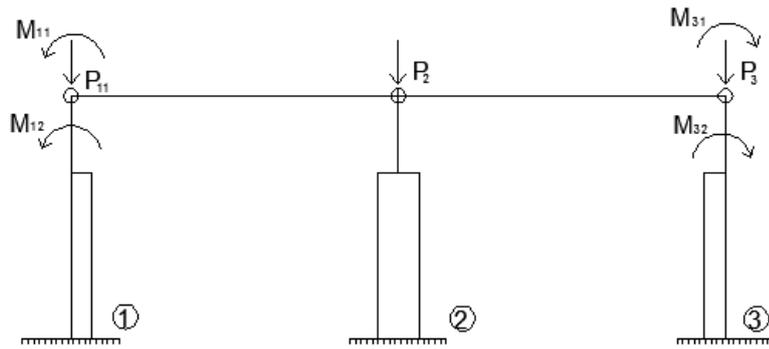


Рис. 2.6. Расчетная схема рамы на действие снеговой нагрузки

Расчетная равномерная распределенная снеговая нагрузка:

$$S = S_0 * \mu * \lambda * \gamma_f * n_c;$$

где $S_0 = 0,5 \text{ кН/м}^2$ - вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемый по табл.4, [2]; $\mu = 1$ - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с указаниями п.5.3-5.6 [2];

$\gamma_f = 1,4$ - коэффициент надежности по нагрузке,

$n_c = 0,9$ - коэффициент сочетания для временной нагрузки.

При основном сочетании нагрузок

$$S = 0,5 \times 1 \times 1,4 \times 0,9 = 0,63 \text{ кН/м}^2.$$

Расчетная снеговая нагрузка на крайнюю колонну:

$$P_1^{CH} = S * L * d = 0,63 * \frac{24 \times 6}{2} = 45,36 \text{ кН},$$

то же, на среднюю колонну

$$P_2^{CH} = S * L * d = 0,63 * 24 * 6 = 90,72 \text{ кН}.$$

Изгибающие моменты от снеговой нагрузки:

$$M_{11}^{CH} = - P_1^{CH} * l_1 = - 45,36 * 0,004 = - 1,81 \text{ кНм},$$

$$M_{12}^{CH} = - P_1^{CH} * (l_H + l_1) = - 45,36 * (0,004 + 0,21) = - 11,34 \text{ кНм}.$$

2.2.2.3. Определение ветровой нагрузки

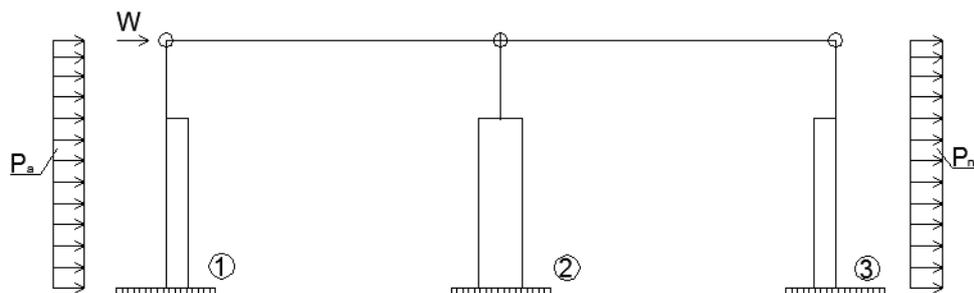


Рис. 2.7. Расчетная схема на действие ветровой нагрузки.

Статическая составляющая ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$\omega = \omega_0 * k * c * \gamma_f ;$$

где

$k = k_{10} + \left(\frac{K_{20}-K_{10}}{10}\right) * h$ – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте в зависимости от типа местности «В»;

$\omega_0 = 0,48 \frac{\kappa H}{M^2}$ – скоростной напор ветра по (КМК) для 4-го ветряного района;

c – аэродинамический коэффициент, принимаемый для вертикальной поверхности с наветренной стороны +0,8, с заветренной -0,6;

$\gamma_f = 1,4$ – коэффициент надежности по ветровой нагрузке.

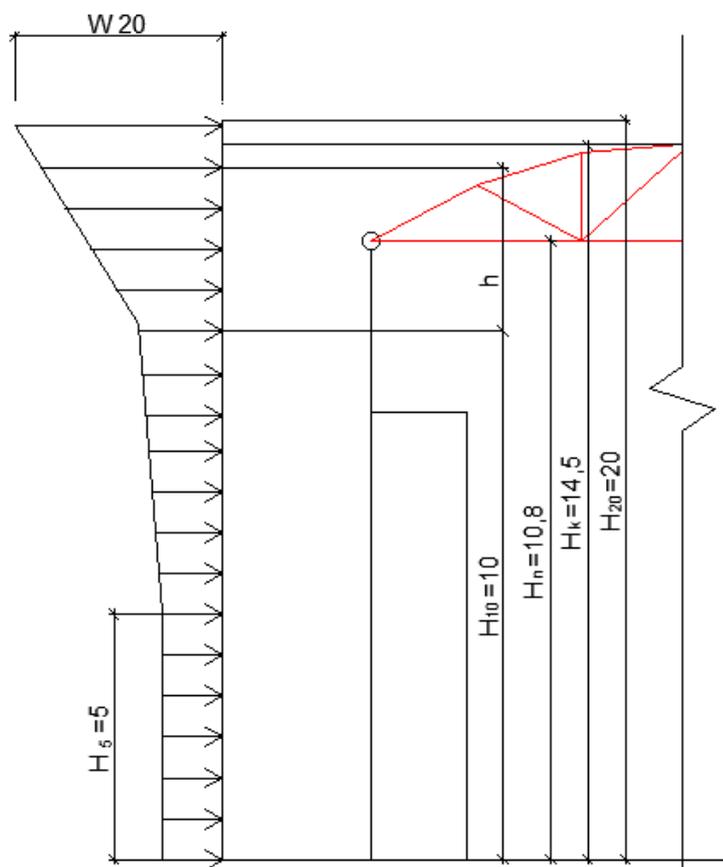


Рис. 2.8. К расчету ветровой нагрузки

$$K_{10,8} = 0,65 + \frac{0,85-0,65}{10} * 0,8 = 0,67.$$

Среднее значение на участке от $H_{п}$ до $H_{к}$, равно

$$\left(H_{п} + \frac{H_{к} - H_{п}}{2} - H_{10}\right) = \left(10,8 + \frac{14,5 - 10,8}{2} - 10\right) = 2,65\text{м};$$

$$K = K_{12,65} = 0,65 + \frac{(0,85 - 0,6) * 2,65}{10} = 0,7.$$

Сосредоточенная на уровне верха колонны ветровая нагрузка с учетом парапетной стеновой панели составит: $W = \omega * n_c * d(H_k - H_n) = 0,48 * 0,7 * (0,8 + 0,4) * 1,4 * 0,9 * 6(14,5 - 10,8) = 11,27 \text{ кН}$

При $H_n > 10 \text{ м}$ рассматривается эквивалентная ветровая нагрузка, которая может быть определена из равенства моментов в опорном закреплении условного защемленного стержня

$$M_{\text{оп}} = \omega_{10} * \frac{H_n^2}{2} + (\omega_{H,n} - \omega_{H,10})(H_n - H_{10}) * \frac{1}{2} (H_{10} + \frac{2}{3} (H_n - H_{10}));$$

$$M_{\text{оп}}^{\text{эКВ}} = \omega_{\text{эКВ}} \frac{H^2}{2}; \quad \omega_{\text{эКВ}} = \frac{2 * M_{\text{оп}}}{H^2};$$

В данном случае ветровая нагрузка составит

А) активная нагрузка

$$\omega_{10} = 0,48 * 0,65 * 0,8 * 1,4 = 0,35 \text{ кН/м}^2;$$

$$\omega_{H,n} = \omega_{10} = 0,48 * 0,67 * 0,8 * 1,4 = 0,36 \text{ кН/м}^2;$$

$$M_{\text{оп}}^a = 0,35 * \frac{10,8^2}{2} + (0,36 - 0,35) * (10,8 - 10) * \frac{1}{2} (10 + \frac{2}{3} (10,8 - 10)) = 20,45 \text{ кНм};$$

$$\omega_{\text{эКВ}}^a = 2 * \frac{20,45}{10,8^2} = 0,35 \text{ кН/м}^2;$$

Б) пассивная нагрузка

$$\omega_{10} = 0,48 * 0,65 * 0,6 * 1,4 = 0,26 \text{ кН/м}^2; \quad \omega_{H,n} = \omega_{10,8} = 0,48 * 0,67 * 0,6 * 1,4 = 0,27 \text{ кН/м}.$$

$$M_{\text{оп}}^n = 0,26 * \frac{10,8^2}{2} + (0,27 - 0,26) * (10,8 - 10) * \frac{1}{2} (10 + \frac{2}{3} (10,8 - 10)) = 15,2 \text{ кНм};$$

$$\omega_{\text{эКВ}}^n = 2 * \frac{15,2}{10,8^2} = 0,26 \text{ кН/м}.$$

Равномерно распределенное по высоте стойки ветровое давление равно

$$\rho = \omega * n_c * d.$$

$$\text{Активное} \quad p_a = 0,35 * 0,9 * 6 = 1,89 \text{ кН/м};$$

$$\text{Пассивное} \quad p_n = 0,26 * 0,9 * 6 = 1,4 \text{ кН/м}.$$

2.2.2.4 Определение крановой нагрузки

Расчетная схема рамы на действие нагрузки от мостовых кранов представлена на рис 2.9.

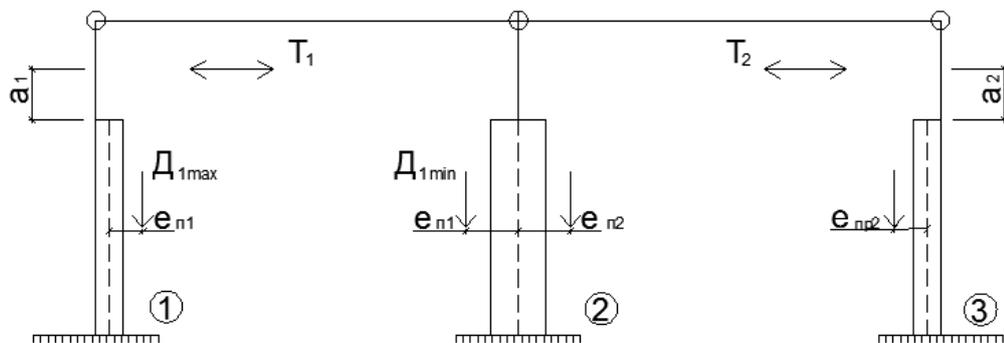


Рис. 2.9. Расчетная схема рамы на действие нагрузки от мостовых кранов

Принят по ГОСТ 3332-54 мостовой электрический кран грузоподъемностью $Q = 5\text{т}$, (кран с одним крюком для среднего режима работы) пролет $L_k = 23\text{м}$.

Ширина $B = 6500\text{ мм}$, база $k = 5000\text{мм}$, высота $H = 1650\text{ мм}$, вес крана с тележкой $Q = 250\text{ кН}$, масса тележки $G = 22\text{кН}$; давление колеса на крановый рельс – максимальное $P_{\text{max}}^n = 101\text{ кН}$, минимальное $P_{\text{min}}^n = 49\text{ кН}$; поперечная тормозная сила $T_{\text{ноп}}^n = 1,8\text{ кН}$.

Расчетное давление одного колеса: $P_{\text{max}} = 101 \times 1,2 = 121,2\text{ кН}$,
 $P_{\text{min}} = 49 \times 1,2 = 58,8\text{ кН}$, $T = 1,8 \times 1,2 = 2,16\text{ кН}$.

Вертикальная нагрузка на колонну определяется от двух сближенных кранов по линиям влияния суммарной опорной реакции двух подкрановых балок, опирающихся на колонну

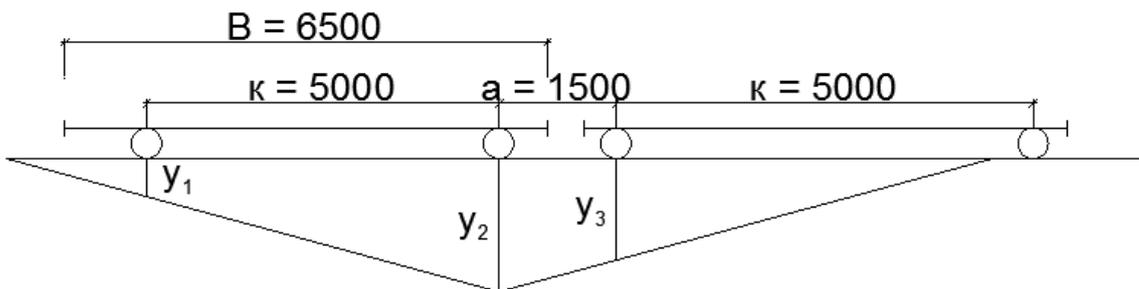


Рис 2.10. К определению крановой нагрузки

Расстояние между колесами двух сближенных кранов $a = B - k = 6500 - 5000 = 1500\text{ мм}$, шаг колонн $d = 6\text{ м}$. Находим

ординаты линии влияния:

$$y_1 = \frac{y_2(d-k)}{d} = \frac{1(6-5)}{6} = 0,167;$$

$$y_3 = \frac{y_2(d-a)}{d} = \frac{1(6-1,5)}{6} = 0,75; \quad y_2 = 1;$$

$$y_4 = \frac{y_2(d-(k+a))}{d} = \frac{1(6-5+1,5)}{6} + 6 = 0;$$

Так как $k + a = 5 + 1,5 = 6,5 > d = 6\text{ м}$, то $y_4 = 0$.

Сумма ординат линии влияния

$$\sum y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 0,167 + 1 + 0,75 = 1,917.$$

Давление на колонну:

А) максимальное $D_{1,\text{max}} = D_{2,\text{max}} = P_{\text{max}} \cdot \sum y \cdot 0,9 = 121,2 \cdot 1,917 \cdot 0,9 = 209,11\text{ кН}$,

Б) минимальное $D_{1,\text{min}} = D_{2,\text{min}} = P_{\text{min}} \cdot \sum y \cdot 0,9 = 58,8 \cdot 1,917 \cdot 0,9 = 101,45\text{ кН}$.

Величина эксцентриситетов приложения вертикального давления кранов:

$$l_{\kappa,1} = l_{\text{пр},1} = l_3 = 350\text{ мм}; \quad l_{\text{пр},1} = l_{\kappa,2} = l = 750\text{ мм}.$$

Горизонтальная нагрузка (сила) на колонну от торможения двух мостовых кранов, находящихся в сближенном положении, равна

$$T_1 = T_2 = T_{\text{ноп}} \cdot \sum y \cdot 0,9 = 2,16 \cdot 1,917 \cdot 0,9 = 3,73\text{ кН}$$

Считаем, что горизонтальная сила поперечного торможения приложена на уровне верха кранового рельса, т.е. на расстоянии от верха консоли колонны: $a_1 = h_{п.б.} + h_{к.р.} = 1000 + 150 = 1150 \text{ мм} = 1,15 \text{ м}$.

2.2.3. Определение усилий M , Q , N в стойках поперечной рамы

Расчет рамы выполняется методом перемещений. Неизвестным является горизонтальное перемещение верха колонны Δ_1 , основная система содержит горизонтальную связь препятствующую этому перемещению.

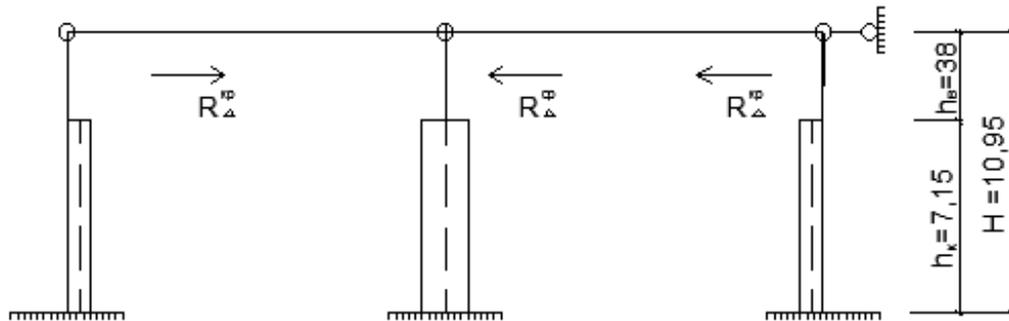


Рис. 2.11. Реакции единичных перемещений

$C_{дин} * r_{11} * \Delta_1 + R_{1p} = 0$ – уравнение перемещений.

Характер работы каркаса здания определяется:

при крановой нагрузке: $C_{дин} = 4$;

при остальных нагрузках: $C_{дин} = 1$;

r_{11} – суммарная реакция от единичного перемещения в уровне верха колонн;

Δ_1 – горизонтальное единичное перемещение верха колонн, равное

$$\Delta_1 = - \frac{R_{1p}}{C_{дин} * r_{11}}.$$

Определяем параметры:

1) Для сплошных ступенчатых колонн крайнего ряда

$$\alpha = \frac{h_{в}}{H} = \frac{3,8}{10,95} = 0,35;$$

$$k = \alpha^3 \left(\frac{I_{Н1}}{I_{б1}} - 1 \right) = 0,35^3 * \left(\frac{17,07 * 10^{-3}}{1,83 * 10^3} - 1 \right) = 0,36;$$

$$R_{\Delta}^{кр} = \frac{3E_b * I_{Н1}}{H^3(1+k)} = \frac{3E_b * 17,07 * 10^{-3}}{10,95^3(1+0,36)} = 2,87 * 10^{-5} E_b.$$

2) Для сплошных ступенчатых колонн среднего ряда: $\alpha = 0,35$

$$K = \alpha^3 \left(\frac{I_{Н2}}{I_{Б2}} - 1 \right) = 0,35^3 * \left(\frac{17,07 * 10^{-3}}{7,2 * 10^{-3}} - 1 \right) = 0,06$$

$$K_1 = 0$$

$$R_{\Delta}^{ст} = \frac{3E_b * I_{Н1}}{H^3(1+k)} = \frac{3E_b * 17,07 * 10^{-3}}{10,95^3(1+0,06)} = 3,68 * 10^{-5} E_b.$$

Суммарная реакция:

$$r_{11} = \sum R_{\Delta} = 2 * R_{\Delta}^{кр} + R_{\Delta}^{ст} = 2 * 2,87 * 10^{-5} E_b + 3,68 * 10^{-5} E_b = 9,42 * 10^{-5} E_b.$$

Из уравнения перемещений: $C_{дин} * r_{11} * \Delta_1 + R_{1p} = 0$ от каждого вида загрузки рамы находится неизвестное единичное перемещение - Δ_1 , и

далее устанавливаются значения упругой реакции на уровне верха каждой стойки рамы по формуле

$$R_e = R_{ip} + R\Delta * \Delta_1;$$

где $R\Delta$ – реакция в стойке от единичного перемещения.

Прикладывая к стойкам нагрузки и упругую R_e (от этой же нагрузки) устанавливаются внутренние усилия, возникающие в наиболее напряженных сечениях по формулам метода наложения

$$M = M_p^0 + M * \Delta_1; \quad Q = Q_p^0 + Q * \Delta_1, \quad N = N_p^0.$$

2.2.3.1 Усилия в колоннах рамы от постоянной нагрузки

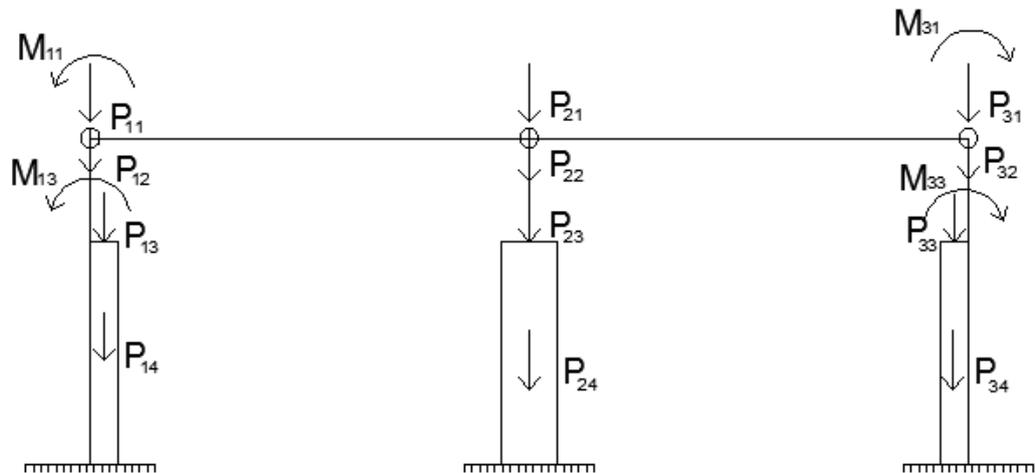


Рис. 2.12. Расчетная схема поперечной рамы от постоянных нагрузок

$$R_1^{лев} = - \frac{3M_{13}(1-\alpha^2) + 3M_{11} * (1 + \frac{k}{\alpha})}{2H(1+K)} = \frac{3(-86,37)(1-0,35^2) + 3(-18,11) * (1 + \frac{0,36}{0,35})}{2*10,95(1+0,36)} = 11,33;$$

$$R_3^{пр} = - R_1^{лев} = - 11,33 \text{ кН}; \quad R_2^{ср} = 0;$$

$$R_{1p} = \sum R_i = R_1^{лев} + R_2^{ср} + R_3^{пр} = 0;$$

$$r_{11} * \Delta_1 + R_{1p} = 0 \Rightarrow \Delta_1 = - \frac{R_{1p}}{r_{11}} = 0;$$

$$R_e^{лев} = R_1^{лев} + \Delta_1 + R\Delta = R_1^{лев} = 11,33 + 0 * R\Delta = 11,33 \text{ кН}.$$

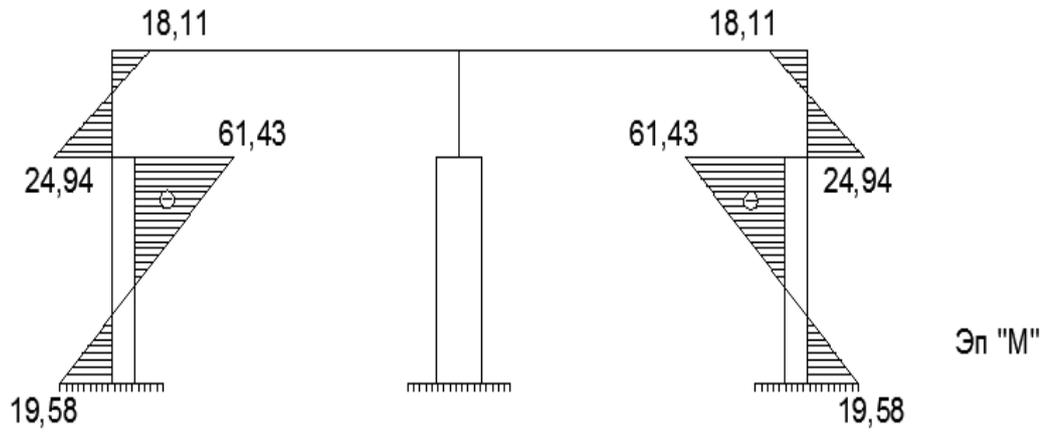
Левая колонна

$$M_{0-1} = - M_{11} = -18,11 \text{ кНм};$$

$$M_{1-0} = -M_{11} + R_e^{лев} * h_b = - 18,11 + 11,33 * 3,8 = 24,94 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} + M_{13} = 24,94 + (-86,37) = - 61,43 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = M_{11} + M_{13} + R_e^{лев} * H = (-18,11) + (-86,37) + 11,33 * 10,95 = 19,58 \text{ кНм}.$$

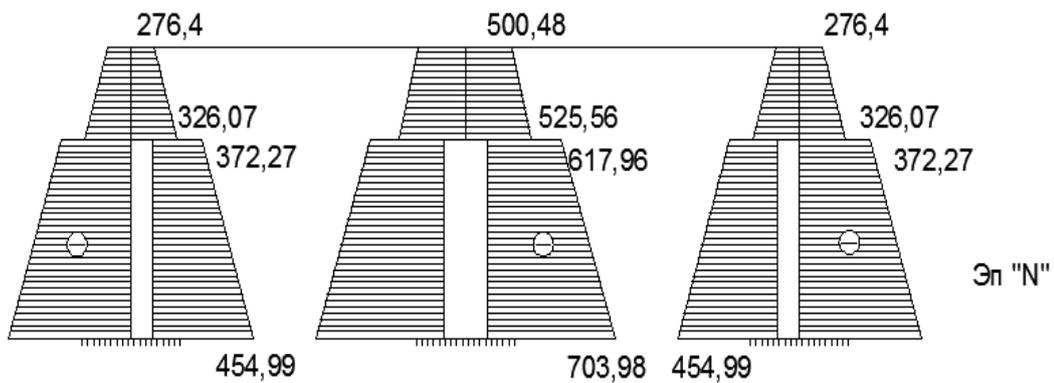


$$N_{0-1} = -P_{11} = -276,4 \text{ кН};$$

$$N_{1-0} = -P_{11} + P_{12} = (-276,4) + (49,67) = -326,07 \text{ кН};$$

$$N_{1-2} = P_{11} + P_{12} + P_{13} = (-276,4) + (-49,67) + (-46,2) = -372,27 \text{ кН};$$

$$N_{2-1} = P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14} = (-276,4) + (-49,67) + (-46,2) + (-82,2) = 454,99 \text{ кН}.$$



$$Q_{2-1} = R_1^{\text{лев}} = 11,33 \text{ кН}.$$

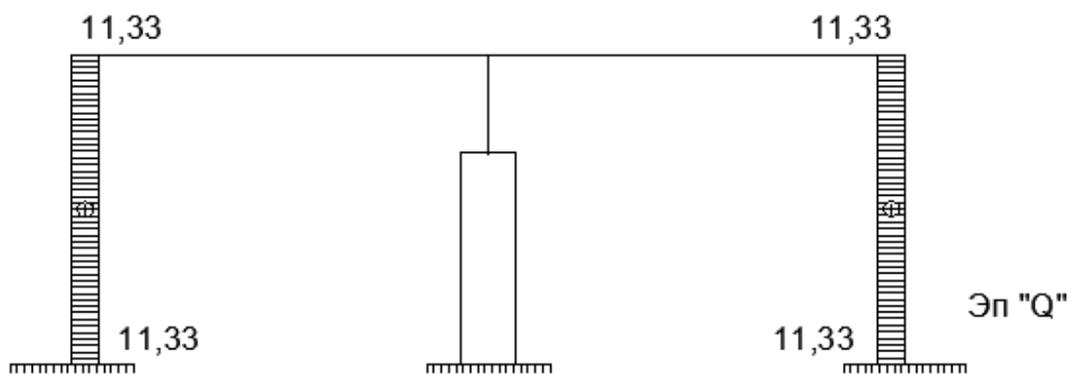


Рис. 2.13. Усилия M,N,Q в колоннах от постоянной нагрузки

Средняя колонна

$$M_{0-1} = M_{1-0} = M_{1-2} = M_{2-1} = 0;$$

$$N_{0-1} = P_{21} = -500,48 \text{ кН};$$

$$N_{1-0} = P_{21} + P_{22} = -500,48 + (-25,08) = -525,56 \text{ кН};$$

$$N_{1-2} = P_{21} + P_{22} + P_{23} = (-500,48) + (-25,08) + (-92,4) = -617,96 \text{ кН};$$

$$N_{2-1} = P_{21} + P_{22} + P_{23} + P_{24} = (-500,48) + (-25,08) + (-92,4) + (-86,02) = -703,98 \text{ кН};$$

$$Q_{2-1} = 0.$$

2.2.3.2. Усилия в колоннах рамы от снеговой нагрузки

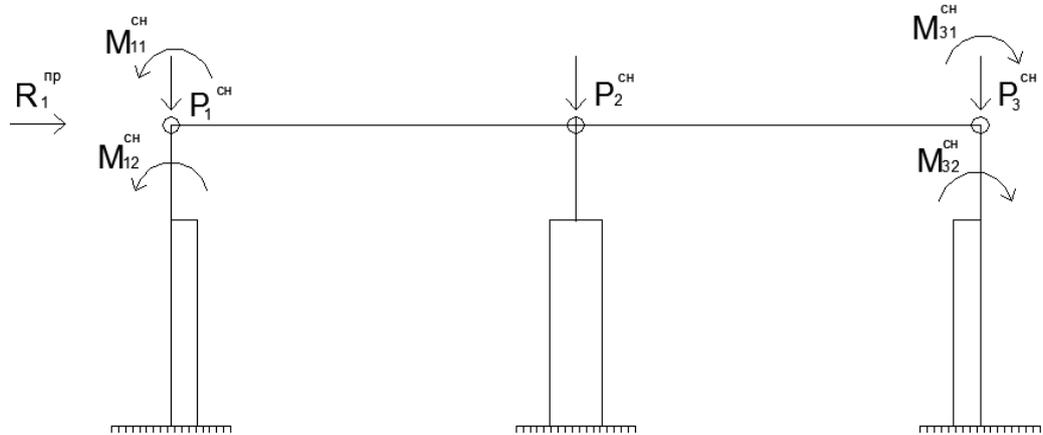


Рис. 2.14. Расчетная схема поперечной рамы при снеговой нагрузке.

$$R_{1 \text{ лев}} = - \frac{3M_{12}^{\text{СН}}(1 - \alpha^2) + 3M_{11}^{\text{СН}} * (1 + \frac{k}{\alpha})}{2H(1+K)} =$$

$$= \frac{3(-11,34)(1 - 0,35^2) + 3(-1,81) * (1 + \frac{0,36}{0,35})}{2 * 10,95(1 + 0,36)} = 1,37 \text{ кН};$$

$$R_{2 \text{ ср}} = 0;$$

$$R_{3 \text{ пр}} = - R_{1 \text{ лев}} = - 1,37 \text{ кН};$$

$$R_{1 \text{ п}} = \sum R_i = R_{1 \text{ лев}} + R_{2 \text{ ср}} + R_{3 \text{ пр}} = 0;$$

$$r_{11} * \Delta_1 + R_{1 \text{ п}} = 0 \Rightarrow \Delta_1 = - \frac{R_{1 \text{ п}}}{r_{11}} = 0;$$

$$R_{\text{с лев}} = R_{1 \text{ лев}} + \Delta_1 + R\Delta = R_{1 \text{ лев}} = 1,37 + 0 * R\Delta = 1,37 \text{ кН}.$$

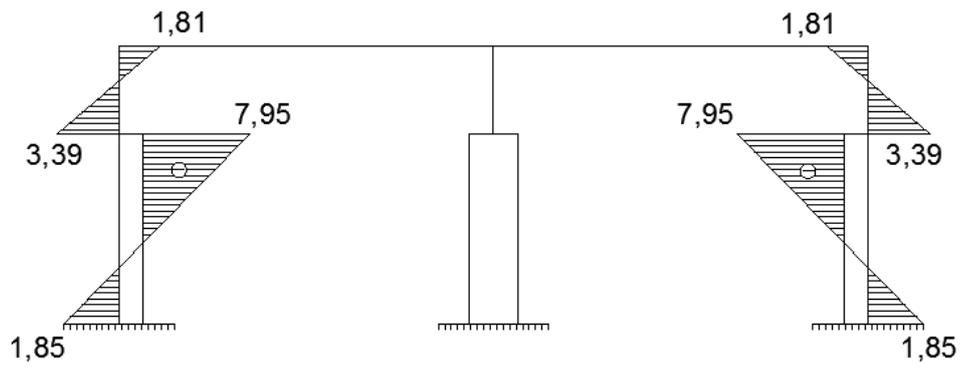
Крайняя колонна

$$M_{0-1} = - M_{11}^{\text{СН}} = -1,81 \text{ кНм};$$

$$M_{1-0} = M_{11}^{\text{СН}} + R_{\text{с лев}} * h_b = -1,81 + 1,37 * 3,8 = 3,39 \text{ кНм};$$

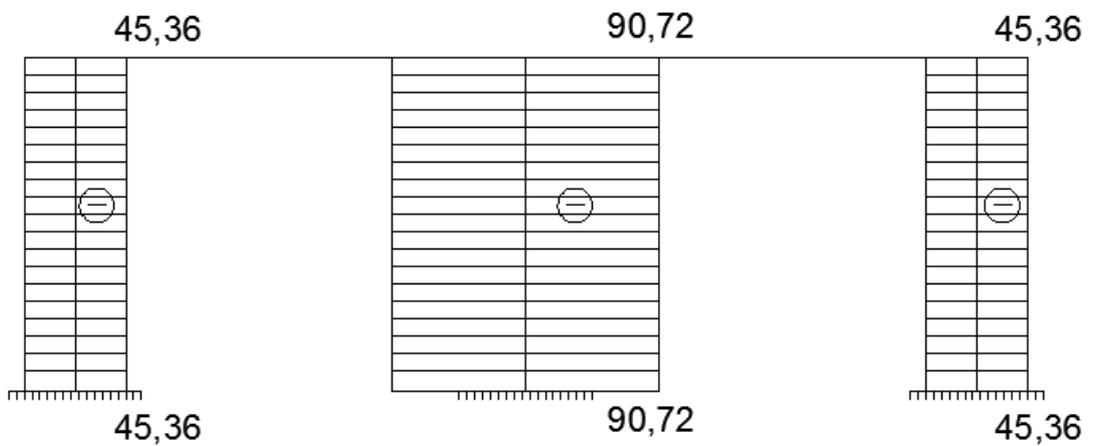
$$M_{1-2} = M_{1-0} + M_{1-2}^{\text{СН}} = 3,39 + (-11,34) = -7,95 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = M_{11}^{\text{СН}} + M_{1-2}^{\text{СН}} + R_{\text{с лев}} * H = (-1,81) + (-11,34) + 1,37 * 10,95 = 1,85 \text{ кНм}.$$



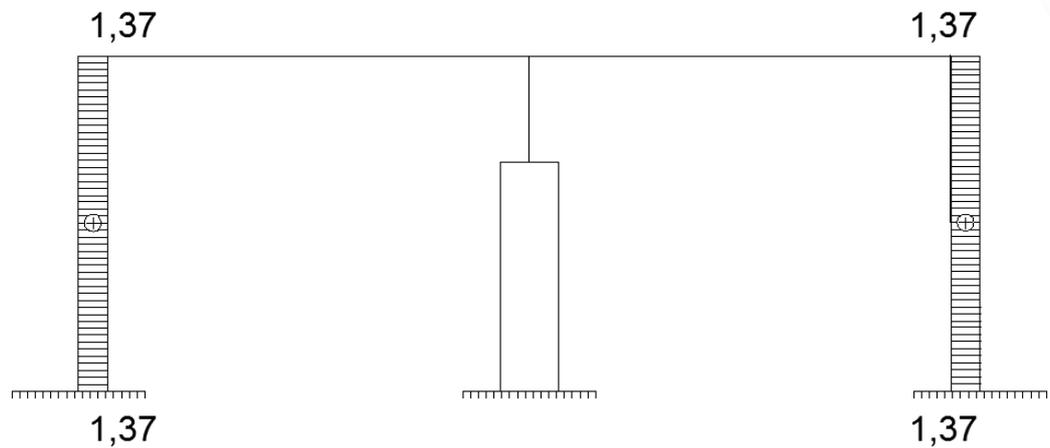
Эп "М"

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = P_1^{\text{CH}} = -45,36 \text{ кН.}$$



Эп "N"

$$Q_{2-1} = R_e^{\text{ЛСВ}} = 1,37 \text{ кН.}$$



Эп "Q"

Рис. 2.15. Усилия M,N,Q в колоннах от снеговой нагрузки

$$M_{0-1} = M_{1-0} = M_{1-2} = M_{2-1} = 0;$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = P_2^{\text{CH}} = -90,72 \text{ кН;}$$

$$Q_{2-1} = 0.$$

2.2.3.3. Усилия в колоннах от крановой нагрузки (M_{\max} на крайней колонне и M_{\min} на средней колонне)

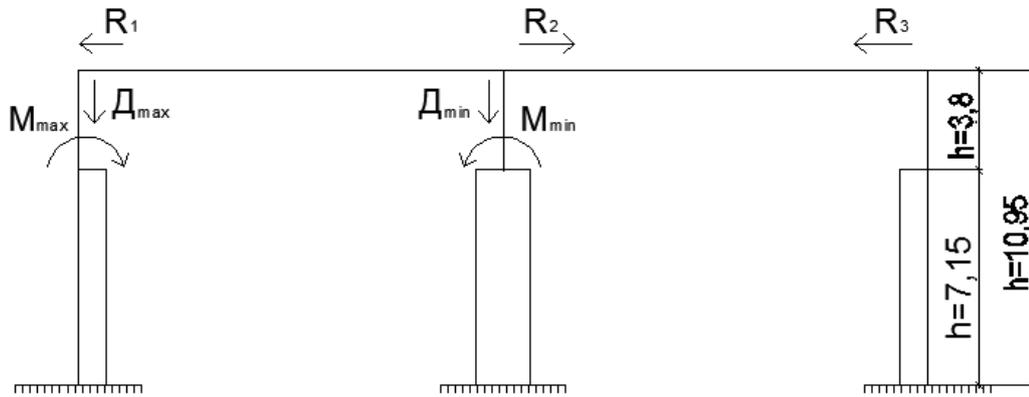


Рис. 2.16 Расчетная схема поперечной рамы при D_{\max} в одном из пролетов

$$M_{\max} = D_{\max} * e_3 = 209,11 * 0,35 = 73,19 \text{ кНм};$$

$$M_{\min} = D_{\min} * l = 101,45 * 0,75 = 76,09 \text{ кНм};$$

$$R_1 = \frac{3M_{\max} * (1 - \alpha^2)}{2H(1+K)} = \frac{3 * 73,19(1 - 0,35^2)}{2 * 10,95(1 + 0,36)} = 6,47 \text{ кН};$$

$$R_2 = \frac{3M_{\min} * (1 - \alpha^2)}{2H(1+K)} = \frac{3 * (-76,09(1 - 0,35^2))}{2 * 10,95(1 + 0,06)} = 8,63 \text{ кН};$$

$$R_{1p} = R_1 + R_2 = -6,47 + 8,63 = 2,16 \text{ кН};$$

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1p}}{C_{din} * r_{11}} = -\frac{2,16}{4 * 9,42 * 10^{-5} * E_b} = -\frac{0,06}{E_b} * 10^5;$$

$$R_e^{лсв} = R_1 + R\Delta^{кр} * \Delta_1 = -6,47 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \left(\frac{0,06}{E_b} * 10^5\right) = -6,64 \text{ кН};$$

$$R_e^{ср} = R_2 + R\Delta^{ср} * \Delta_1 = 8,63 + 3,68 * 10^{-5} E_b * \left(\frac{0,06}{E_b} * 10^5\right) = 8,41 \text{ кН};$$

$$R_e^{пр} = R\Delta^{кр} * \Delta_1 = 2,87 * 10^{-5} E_b * \left(-\frac{0,06}{E_b} * 10^5\right) = -0,172 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{лсв} * h_b = -6,64 * 3,8 = -25,23 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = R_e^{лсв} * h_b + M_{\max} = -6,64 * 3,8 + 73,19 = 47,96 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{лсв} * H + M_{\max} = -6,64 * 10,95 + 73,19 = 0,48 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = 0 \quad N_{1-2} = N_{2-1} = -D_{\max} = -209,11 \text{ кН};$$

$$Q_{2-1} = R_e^{лсв} = -6,64 \text{ кН}.$$

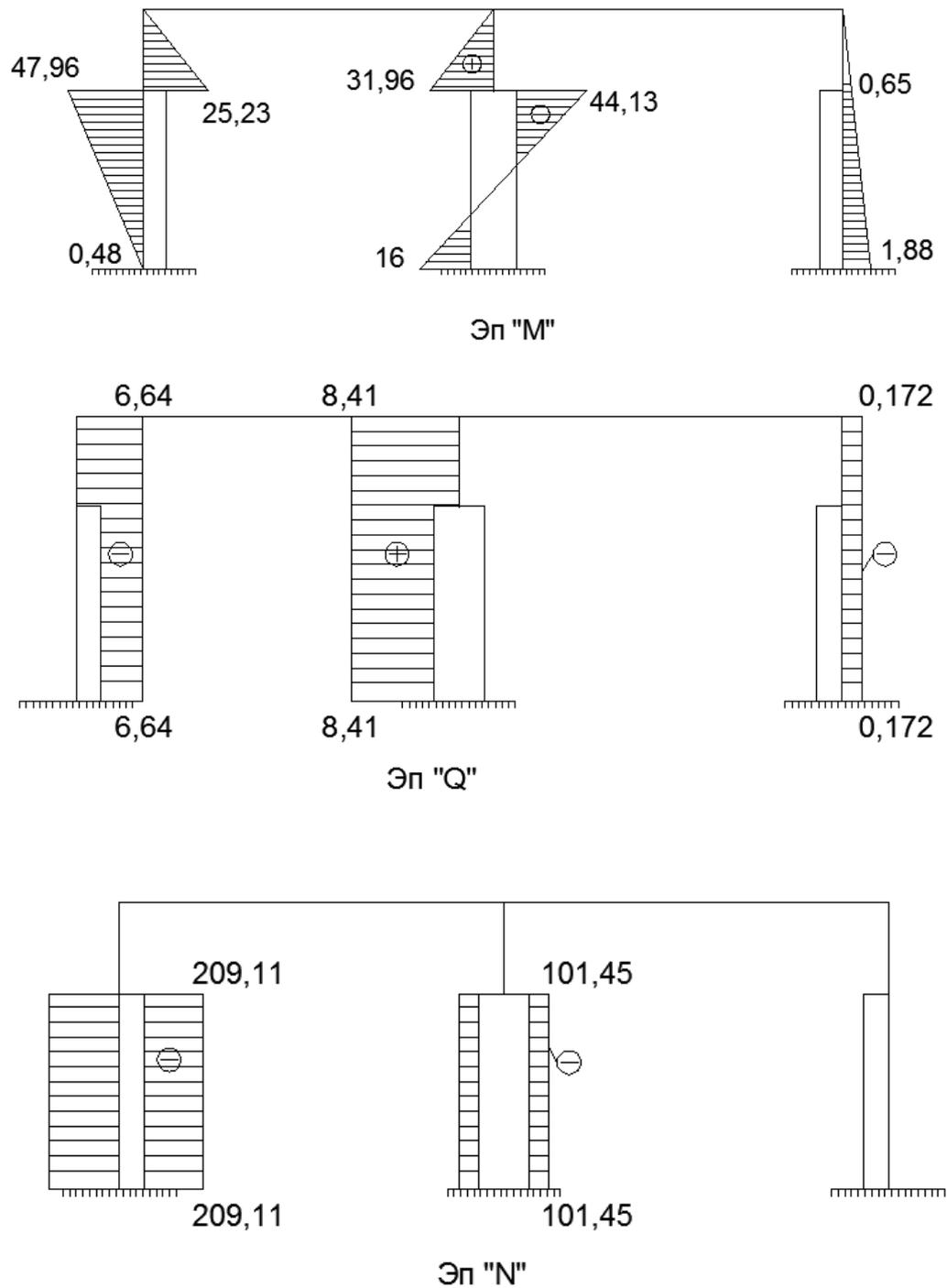


Рис. 2.17. Усилия M, Q, N в колоннах от крановой нагрузки

Средняя колонна

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{cp} * h_b = - 8,41 * 3,8 = 31,96 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = R_e^{cp} * h_b - M_{min} = 8,41 * 3,8 - 76,09 = - 44,13 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{cp} * H - M_{min} = 8,41 * 10,95 - 76,09 = 16 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = 0; \quad N_{1-2} = N_{2-1} = -D_{min} = -101,45 \text{ кН};$$

$$Q_{2-1} = R_c^{cp} = 8,41 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (правая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = M_{1-2} = R_e^{np} * h_b = -0,172 * 3,8 = -0,65 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{np} * H = -0,172 * 10,95 = -1,88 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q = R_e^{np} = -0,172 \text{ кН}.$$

2.2.3.4 Усилия в колоннах от крановой нагрузки (M_{max} на средней колонне)

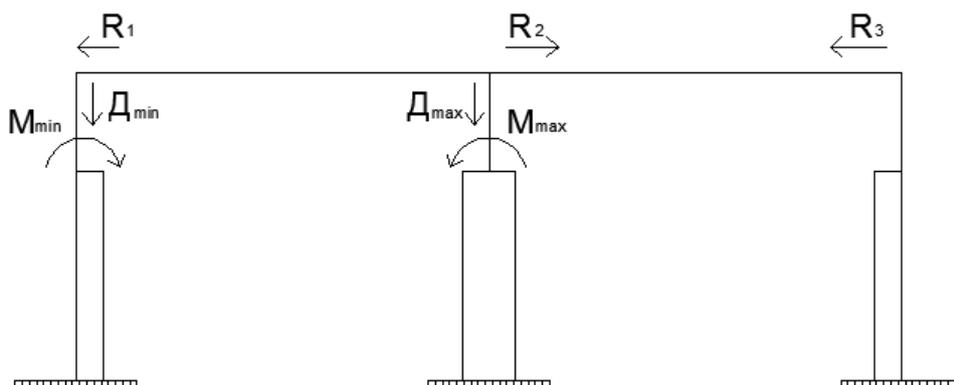


Рис. 2.18. Расчетная схема поперечной рамы при D_{min} на крайней левой опоре

$$M_{max} = D_{max} * \lambda = -209,11 * 0,75 = -156,83 \text{ кН};$$

$$M_{min} = D_{min} * l_3 = 101,45 * 0,35 = 35,51 \text{ кНм};$$

$$R_1 = -\frac{3M_{min} * (1 - \alpha^2)}{2H(1+K)} = -\frac{3 * 35,51(1 - 0,35^2)}{2 * 10,95(1 + 0,36)} = -3,14 \text{ кН};$$

$$R_2 = -\frac{3M_{max} * (1 - \alpha^2)}{2H(1+K)} = -\frac{3 * (-156,83)(1 - 0,35^2)}{2 * 10,95(1 + 0,06)} = 17,78 \text{ кН};$$

$$R_3 = 0;$$

$$R_{1p} = R_1 + R_2 + R_3 = -3,14 + 17,78 = 14,64 \text{ кН};$$

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1p}}{C_{din} * r_{11}} = -\frac{14,64}{4 * 9,42 * 10^{-5} * E_b} = -\frac{0,39}{E_b} * 10^5;$$

$$R_e^{лев} = R_1 + R\Delta^{kp} * \Delta_1 = -3,14 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \left(-\frac{0,39}{E_b} * 10^5\right) = -4,26 \text{ кН};$$

$$R_e^{cp} = R_2 + R\Delta^{cp} * \Delta_1 = 17,78 + 3,68 * 10^{-5} E_b * \left(-\frac{0,39}{E_b} * 10^5\right) = 16,35 \text{ кН};$$

$$R_e^{np} = R\Delta^{kp} * \Delta_1 = 2,87 * 10^{-5} E_b * \left(-\frac{0,39}{E_b} * 10^5\right) = -1,12 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{лев} * h_b = -4,26 * 3,8 = -16,19 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = R_e^{лев} * h_b + M_{min} = -4,26 * 3,8 + 35,51 = 19,31 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{лев} * H + M_{min} = -4,26 * 10,95 + 35,51 = -11,14 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = 0; \quad N_{1-2} = N_{2-1} = -D_{min} = -101,45 \text{ кН};$$

$$Q = R_e^{cp} = -4,26 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (правая)

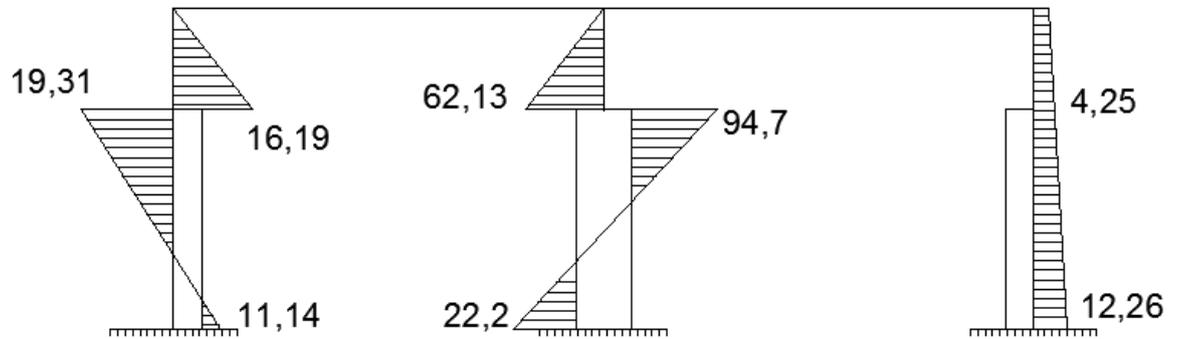
$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = M_{1-2} = R_e^{np} * h_b = -1,12 * 3,8 = -4,25 \text{ кНм};$$

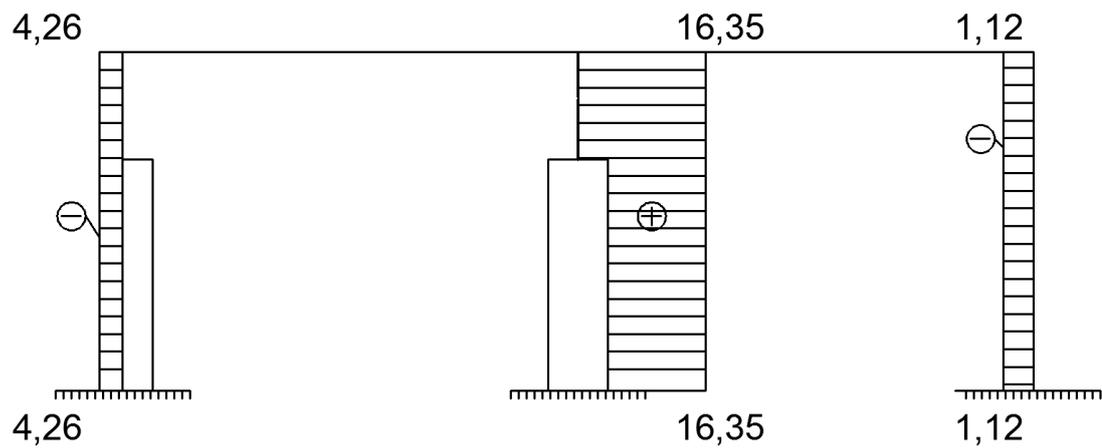
$$M_{2-1} = R_e^{np} * H = -1,12 * 10,95 = -12,26 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

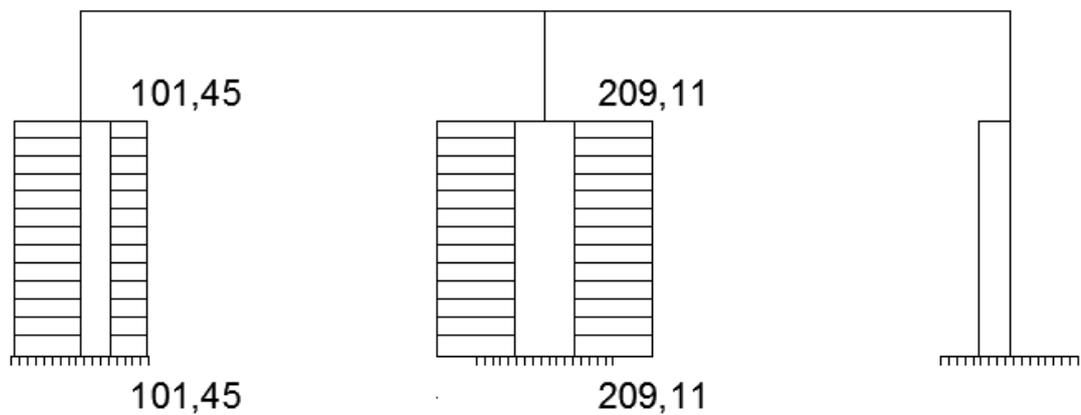
$$Q = R_e^{np} = -1,12 \text{ кН}.$$



Эп "M"



Эп "Q"



Эп "N"

Рис. 2.19. Усилия M, N, Q в колоннах от крановой нагрузки

2.2.3.5. Усилия от действия 4^x кранов, совмещенных в одном створе

В 2^x пролетах, M_{max} на средней колонне

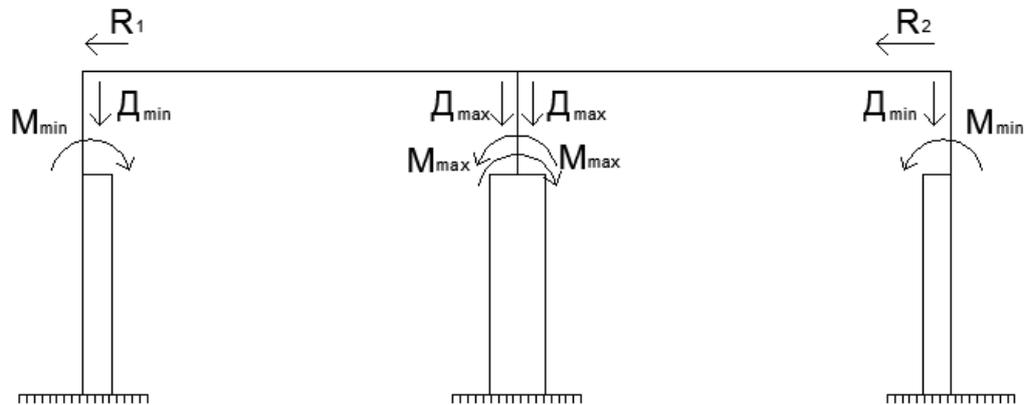


Рис. 2.20. Расчетная схема поперечной рамы при работе 4^x мостовых кранов

$$M_{\min} = D_{\min} * l_3 = 101,45 * 0,35 = 35,51 \text{ кНм};$$

$$M_{\max} = D_{\max} * l = 209,11 * 0,75 = -156,83 \text{ кНм};$$

$$R_1 = -\frac{3M_{\min} * (1 - \alpha^2)}{2H(1+K)} = -\frac{3 * 35,51(1 - 0,35^2)}{2 * 10,95(1 + 0,36)} = -3,14 \text{ кН};$$

$$R_2 = 0;$$

$$R_3 = -R_1 = 3,14 \text{ кН};$$

$$R_{1p} = R_1 + R_2 + R_3 = -3,14 + 0 + 3,14 = 0;$$

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1p}}{C_{din} * r_{11}} = 0;$$

$$R_e^{\text{лев}} = R_1 + R\Delta^{\text{кр}} * \Delta_1 = -3,14 \text{ кН};$$

$$R_e^{\text{сп}} = R_2 + R\Delta^{\text{сп}} * \Delta_1 = 0;$$

$$R_e^{\text{пр}} = R_3 + R\Delta^{\text{кр}} * \Delta_1 = R_3 = 3,14 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{\text{лев}} * h_b = -3,14 * 3,8 = -11,93 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = R_e^{\text{лев}} * h_b + M_{\min} = 3,14 * 3,8 + 35,51 = 23,58 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{\text{лев}} * H + M_{\min} = -3,14 * 10,95 + 35,51 = 1,13 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = 0; \quad N_{1-2} = N_{2-1} = -D_{\min} = -101,45 \text{ кН};$$

$$Q = R_e^{\text{лев}} = -3,14 \text{ кН}.$$

Средняя колонна

$$M_{0-1} = M_{1-0} = M_{1-2} = M_{2-1} = 0;$$

$$N_{1-2} = N_{2-1} = -2D_{\max} = -2 * 209,11 = -418,22 \text{ кН};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = 0;$$

$$Q = 0.$$

Крайняя колонна (правая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{пр} * h_b = 3,14 * 3,8 = 11,93 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = R_e^{пр} * h_b + M_{min} = 3,14 * 3,8 - 35,51 = -23,58 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{лсв} * H - M_{min} = 3,14 * 10,95 - 35,51 = -1,13 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = 0; \quad N_{1-2} = N_{2-1} = -D_{min} = -101,45 \text{ кН};$$

$$Q = R_e^{лсв} = 3,14 \text{ кН}.$$

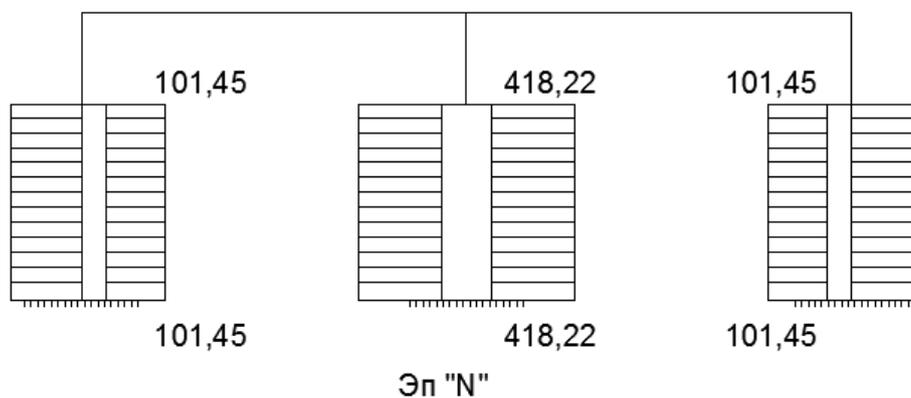
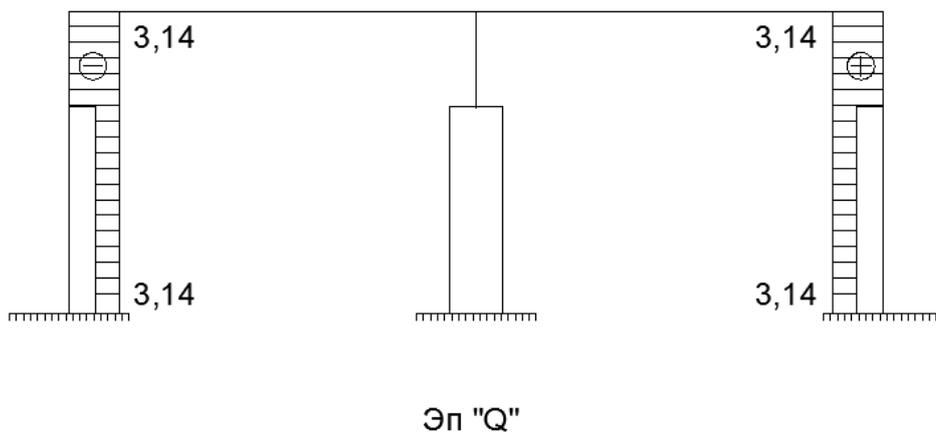
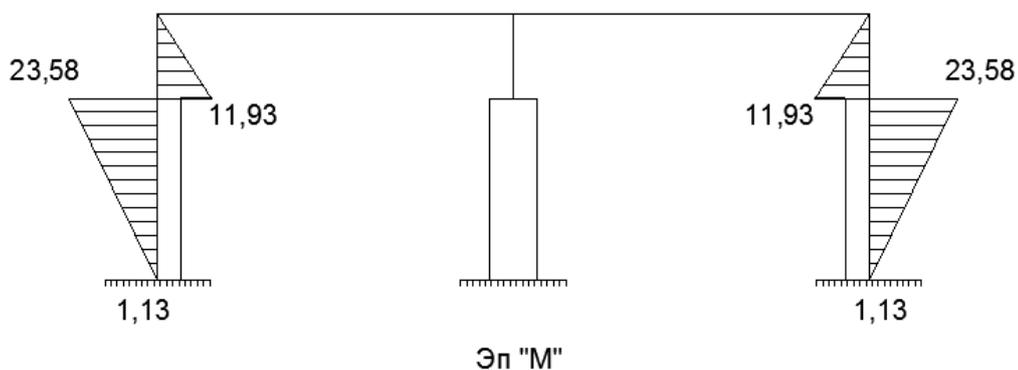


Рис. 2.21. Усилия M, N, Q в колоннах от 4^х кранов

2.2.3.6 Тормозная сила Т на крайней колонне

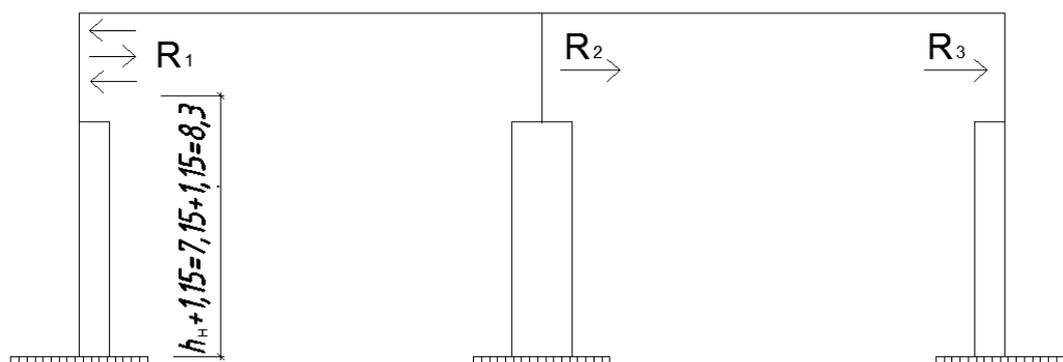


Рис. 2.22. Расчетная схема поперечной рамы от торможения тележки на крайней левой опоре

$$T = 3,73 \text{ кН}; \quad R_1^{\text{лев}} = -\frac{T * (1 - \alpha)}{1 + K} = -\frac{3,73 * (1 - 0,35)}{1 + 0,36} = -1,78;$$

$$R_2 = 0; \quad R_3^{\text{пр}} = 0;$$

$$R_{1\text{р}} = R_1^{\text{лев}} + R_2 + R_3^{\text{пр}} = -1,78 \text{ кН} = R_1^{\text{лев}};$$

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1\text{р}}}{C_{\text{дин}} * r_{11}} = -\frac{-1,78}{4 * 9,42 * 10^{-5} E_b} = \frac{0,047}{E_b} * 10^5;$$

$$R_e^{\text{лев}} = R_1^{\text{лев}} + R \Delta^{\text{кр}} * \Delta_1 = -1,78 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \frac{0,047}{E_b} * 10^5 = -1,65 \text{ кН};$$

$$R_e^{\text{сп}} = R_2^{\text{сп}} + R \Delta^{\text{сп}} * \Delta_1 = 3,68 * 10^{-5} E_b * \frac{0,047}{E_b} * 10^5 = 0,173 \text{ кН};$$

$$R_e^{\text{пр}} = R_3 + R \Delta^{\text{кр}} * \Delta_1 = 2,87 * 10^{-5} E_b * \frac{0,047}{E_b} * 10^5 = 0,135 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_T = R_e^{\text{лев}} * (h_b - 1,15) = -1,65 * (3,8 - 1,15) = -4,37 \text{ кНм};$$

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{\text{лев}} * h_b + T * 1,15 = -1,65 * 3,8 + 3,73 * 1,15 = -2,04 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = -2,04 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{\text{лев}} * H + T * (h_b + 1,15) = -1,65 * 10,95 + 3,73 * (7,15 + 1,15) = 12,9 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0 \quad ;$$

$$Q_{2-1} = R_e^{\text{лев}} + T = -1,65 + 3,73 = 2,08 \text{ кН}.$$

Средняя колонна

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{\text{сп}} * h_b = 0,173 * 3,8 = 0,65 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = 0,65 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{\text{лев}} * H = 0,173 * 10,95 = 1,89 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{2-1} = R_e^{\text{лев}} = 0,173 \text{ кН};$$

Крайняя колонна (правая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{np} * h_b = 0,135 * 3,8 = 0,51 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = 0,51 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{np} * H = 0,135 * 10,95 = 1,47 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0; \quad Q_{2-1} = R_e^{np} = 0,135 \text{ кН}.$$

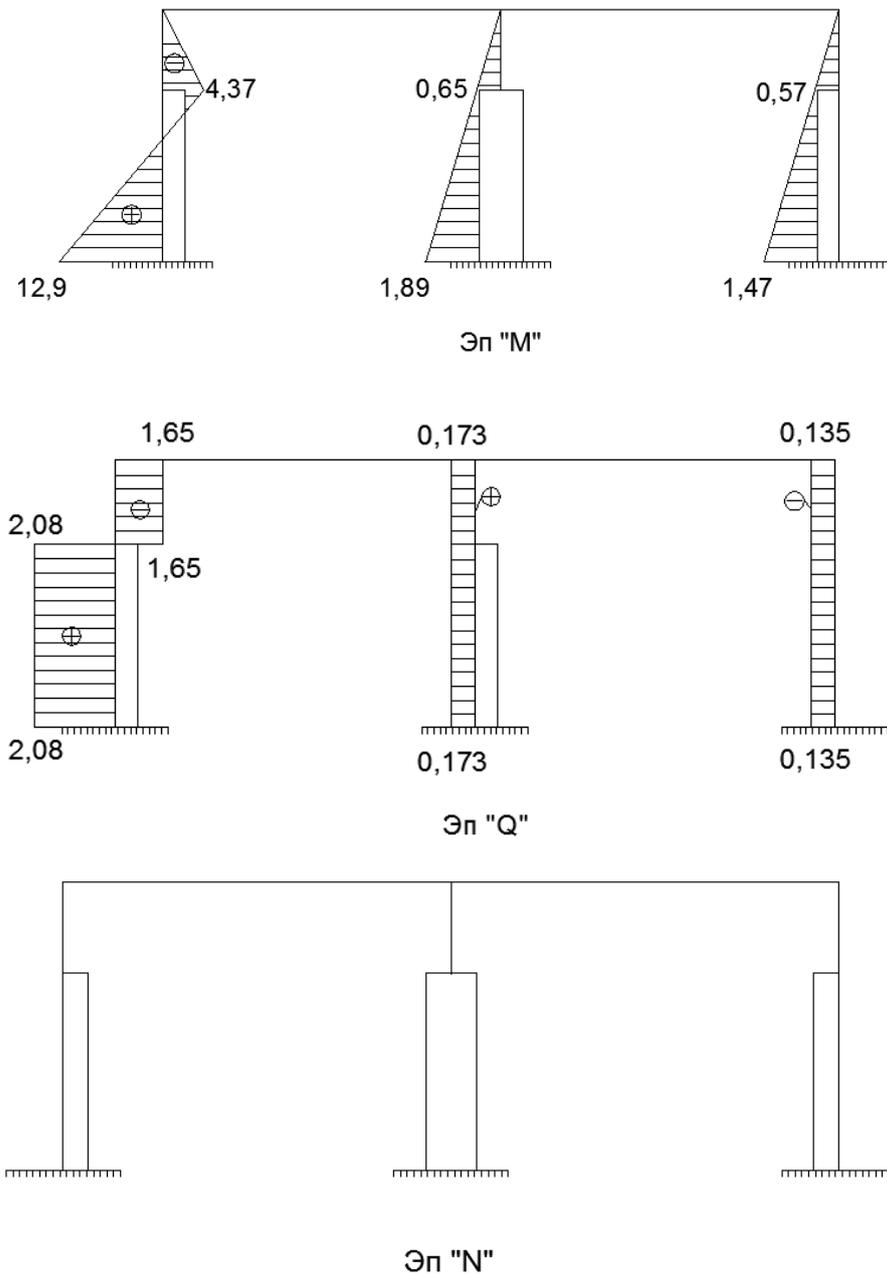


Рис. 2.23. Усилия M, N, Q в колоннах от торможения тележки

2.2.3.7 Тормозная сила Т на средней колонне

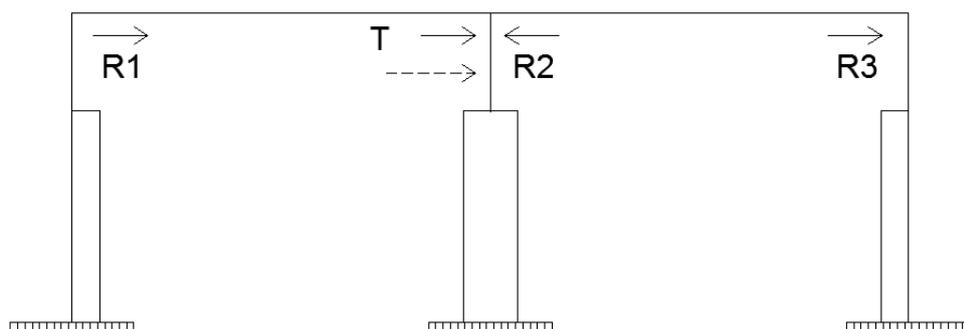


Рис. 2.24. Расчетная схема поперечной рамы от торможения тележки крана на средней опоре

$$T = 3,73 \text{ кН};$$

$$R_1 = 0;$$

$$R_2 = -\frac{T \cdot (1 - \alpha)}{1 + K} = -\frac{3,73 \cdot (1 - 0,35)}{1 + 0,36} = -2,28 \text{ кН};$$

$$R_3 = 0;$$

$$R_{1p} = R_1 + R_2 + R_3 = R_2 = -2,28 \text{ кН};$$

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1p}}{C_{din} \cdot r_{11}} = -\frac{-2,28}{4 \cdot 9,42 \cdot 10^{-5} E_b} = 0,06 \cdot 10^5 / E_b;$$

$$R_e^{лсв} = R_1 + R \Delta^{кп} \cdot \Delta_1 = 2,87 \cdot 10^{-5} E_b \cdot 0,06 \cdot 10^5 / E_b = 0,17 \text{ кН};$$

$$R_e^{ср} = R_2 + R \Delta^{ср} \cdot \Delta_1 = -2,28 + 3,68 \cdot 10^{-5} E_b \cdot \frac{0,06}{E_b} \cdot 10^5 = -2,06 \text{ кН};$$

$$R_e^{пр} = R_3 + R \Delta^{кп} \cdot \Delta_1 = 2,87 \cdot 10^{-5} E_b \cdot \frac{0,06}{E_b} \cdot 10^5 = 0,17 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{лсв} \cdot h_b = 0,17 \cdot 3,8 = 0,64 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = 0,64 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{лсв} \cdot H = 0,17 \cdot 10,95 = 1,86 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0; \quad Q = R_e^{лсв} = 0,17 \text{ кН}.$$

Средняя колонна

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_T = R_e^{ср} \cdot (h_b - 1,15) = -2,06 \cdot (3,8 - 1,15) = -5,46 \text{ кНм};$$

$$M_{1-0} = R_e^{ср} \cdot h_b + T \cdot 1,15 = -2,06 \cdot 3,8 + 3,73 \cdot 1,15 = -3,54 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = -3,54 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{ср} \cdot H + T \cdot (h_b + 1,15) = -2,06 \cdot 10,95 + 3,73 \cdot (3,8 + 1,15) = 7,84 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q = R_e^{ср} + T = -2,06 + 3,73 = 1,67 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (правая)

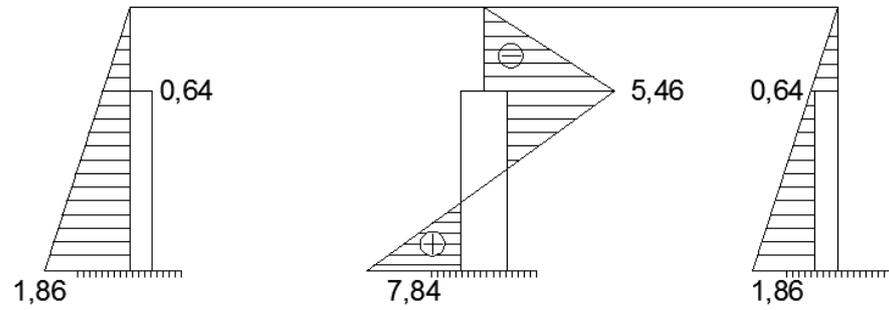
$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{np} * h_b = 0,17 * 3,8 = 0,64 \text{ кНм};$$

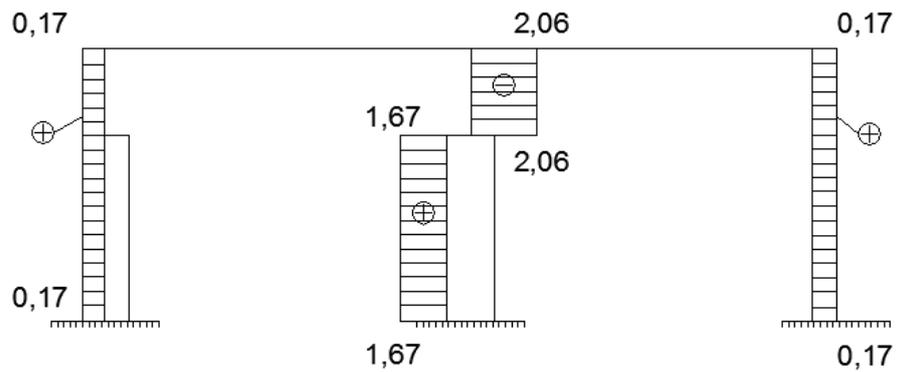
$$M_{1-2} = M_{1-0} = 0,64 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{np} * H = 0,17 * 10,95 = 1,86 \text{ кНм};$$

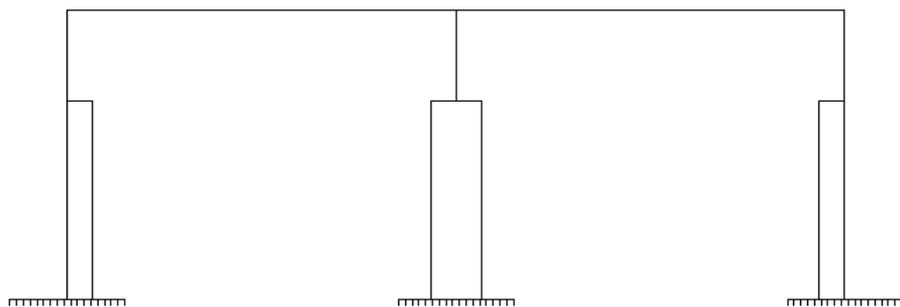
$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0; \quad Q_{2-1} = R_e^{np} = 0,17 \text{ кН}.$$



Эп "M"



Эп "Q"



Эп "N"

Рис. 2.25. Усилия M, N, Q от торможения крана

2.2.3.8 Усилия в колоннах рамы от ветровой нагрузки

Ветер слева

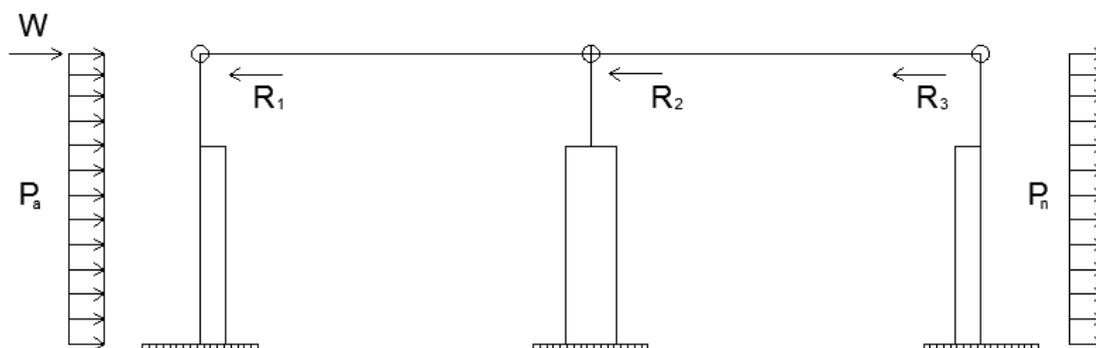


Рис. 2.26. Расчетная схема поперечной рамы от ветровой нагрузки

$$P_a = 1,89 \text{ кН/м}; \quad P_n = 1,4 \text{ кН/м}; \quad W = 11,27 \text{ кН};$$

$$R_1 = - \frac{3 P_a * H(1 + \alpha k)}{8(1+k)} = - \frac{3 * 1,89 * 10,95 (1 + 0,35 * 0,36)}{8(1+0,36)} = - 6,42 \text{ кН};$$

$$R_2 = 0; \quad R_w = - W = - 11,27 \text{ кН};$$

$$R_3 = - \frac{3 P_n * H(1 + \alpha k)}{8(1+k)} = - \frac{3 * 1,4 * 10,95 (1 + 0,35 * 0,36)}{8(1+0,36)} = - 4,76 \text{ кН};$$

$$R_{1p} = R_1 + R_2 + R_3 + R_w = -6,42 - 4,76 - 11,27 = - 22,45 \text{ кН};$$

$$\Delta_1 = - \frac{R_{1p}}{r_{11}} = - \frac{-22,45}{9,42 * 10^{-5} E_b} = 2,38 * 10^5 / E_b;$$

$$R_e^{\text{лев}} = R_1 + R \Delta^{\text{кр}} * \Delta_1 = -6,42 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \frac{2,38}{E_b} * 10^5 = 0,41 \text{ кН};$$

$$R_e^{\text{сп}} = R_2 + R \Delta^{\text{сп}} * \Delta_1 = 3,68 * 10^{-5} E_b * \frac{2,38}{E_b} * 10^5 = 8,76 \text{ кН};$$

$$R_e^{\text{пр}} = R_3 + R \Delta^{\text{кр}} * \Delta_1 = -4,76 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \frac{2,38}{E_b} * 10^5 = 2,07 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-2} = R_e^{\text{лев}} * h_b + \frac{P_a * h b^2}{2} = 0,41 * 3,8 + \frac{1,89 * 3,8^2}{2} = 15,32 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = 15,32 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{\text{лев}} * H + \frac{P_a * H^2}{2} = 0,41 * 10,95 + \frac{1,89 * 10,95^2}{2} = 117,8 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{0-1} = R_e^{\text{лев}} = 0,41 \text{ кН};$$

$$Q_{2-1} = R_e^{\text{лев}} + P * H = 0,41 + 1,89 * 10,95 = 21,1 \text{ кН}.$$

Средняя колонна

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{\text{сп}} * h_b = 8,76 * 3,8 = 33,29 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = 33,29 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{cp} * H = 8,76 * 10,95 = 95,92 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{2-1} = R_e^{cp} = 8,76 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (правая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{np} * h_b + \frac{Pa * hb^2}{2} = 2,07 * 3,8 + \frac{1,4 * 3,8^2}{2} = 17,97 \text{ кНм};$$

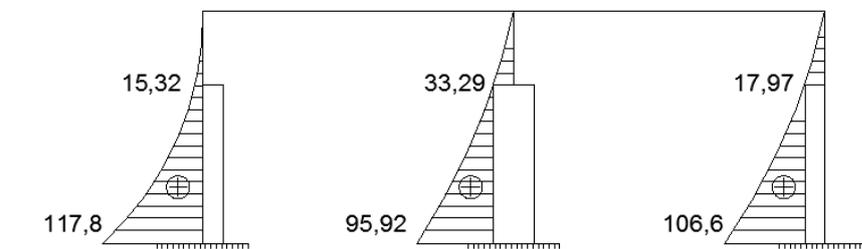
$$M_{1-2} = M_{1-0} = 17,97 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{np} * H + \frac{Pa * H^2}{2} = 2,07 * 10,95 + \frac{1,4 * 10,95^2}{2} = 106,6 \text{ кНм};$$

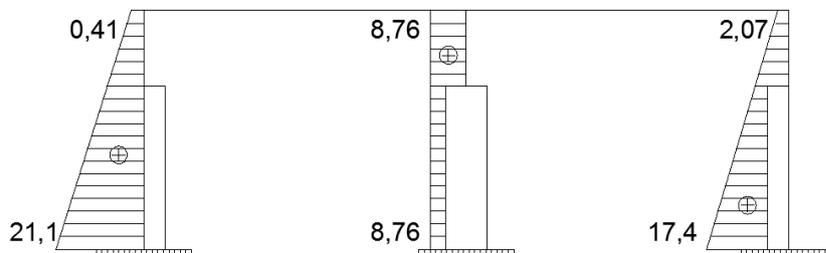
$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{0-1} = R_e^{np} = 2,07 \text{ кН};$$

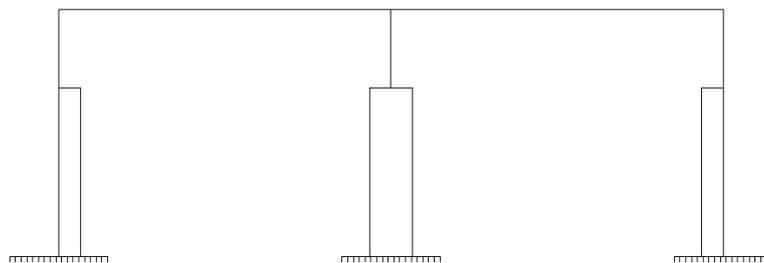
$$Q_{2-1} = R_e^{лсв} * P_n * H = 2,07 + 1,4 * 10,95 = 17,4 \text{ кН}.$$



Эп "M"



Эп "Q"



Эп "N"

Рис. 2.27. Усилия M, N, Q от ветровой нагрузки
Ветер справа

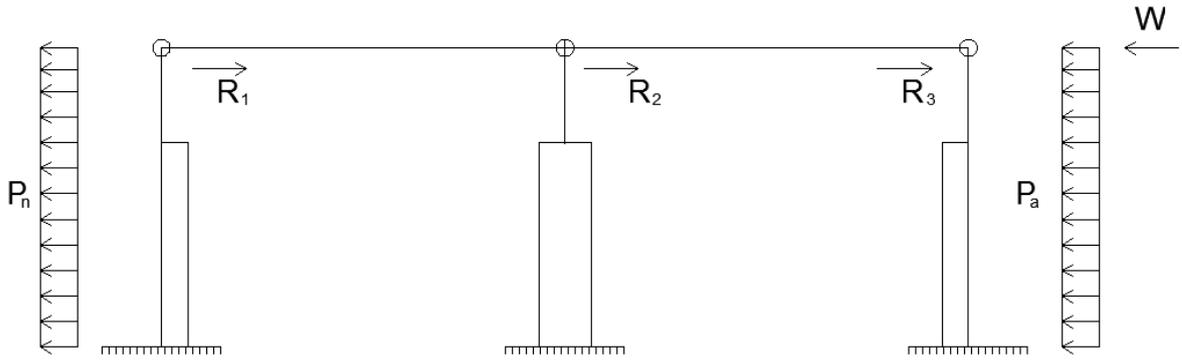


Рис. 2.28. Расчетная схема поперечной рамы от ветровой нагрузки

$$P_a = -1,89 \text{ кН/м}; \quad P_n = -1,4 \text{ кН/м}; \quad W = -11,27 \text{ кН};$$

$$R_1 = -\frac{3 P_a * H(1+\alpha k)}{8(1+k)} = -\frac{3 * (-1,4) * 10,95 (1+0,35*0,36)}{8(1+0,36)} = 4,76 \text{ кН};$$

$$R_2 = 0; \quad R_w = -W = 11,27 \text{ кН};$$

$$R_3 = -\frac{3 P_n * H(1+\alpha k)}{8(1+k)} = -\frac{3 * (-1,89) * 10,95 (1+0,35*0,36)}{8(1+0,36)} = 6,42 \text{ кН};$$

$$R_{1p} = R_1 + R_2 + R_3 + R_w = 4,76 + 6,42 + 11,27 = 22,45 \text{ кН};$$

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1p}}{r_{11}} = -\frac{-22,45}{9,42 * 10^{-5} E_b} = -2,38 * 10^5 / E_b;$$

$$R_e^{лсв} = R_1 + R \Delta^{кр} * \Delta_1 = 4,76 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \frac{-2,38}{E_b} * 10^5 = -2,07 \text{ кН};$$

$$R_e^{ср} = R_2 + R \Delta^{ср} * \Delta_1 = 3,68 * 10^{-5} E_b * \frac{-2,38}{E_b} * 10^5 = -8,76 \text{ кН};$$

$$R_e^{пр} = R_3 + R \Delta^{кр} * \Delta_1 = 6,42 + 2,87 * 10^{-5} E_b * \frac{-2,38}{E_b} * 10^5 = -0,41 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (левая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-2} = R_e^{лсв} * h_b + \frac{P_n * h_b^2}{2} = -2,07 * 3,8 + \frac{-1,4 * 3,8^2}{2} = -17,97 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = -17,97 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{лсв} * H + \frac{P_n * H^2}{2} = -2,07 * 10,95 + \frac{-1,4 * 10,95^2}{2} = -106,6 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{0-1} = R_e^{лсв} = -2,07 \text{ кН};$$

$$Q_{2-1} = R_e^{лсв} * P_n * H = -2,07 + (-1,4) * 10,95 = -17,4 \text{ кН}.$$

Средняя колонна

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{ср} * h_b = -8,76 * 3,8 = -33,29 \text{ кНм};$$

$$M_{1-2} = M_{1-0} = -33,29 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{ср} * H = -8,76 * 10,95 = -95,92 \text{ кНм};$$

$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{2-1} = R_e^{ср} = -8,76 \text{ кН}.$$

Крайняя колонна (правая)

$$M_{0-1} = 0;$$

$$M_{1-0} = R_e^{np} * h_b + \frac{Pa * hb^2}{2} = 0,41 * 3,8 + \frac{-1,89 * 3,8^2}{2} = -15,32 \text{ кНм};$$

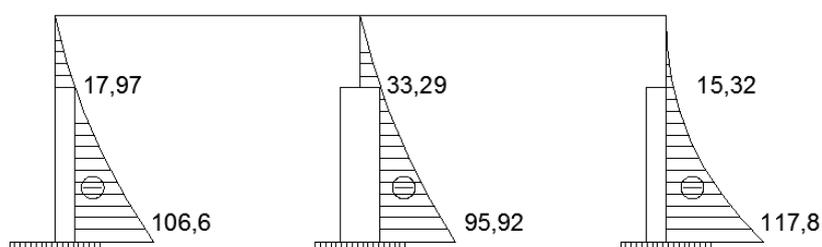
$$M_{1-2} = M_{1-0} = -15,32 \text{ кНм};$$

$$M_{2-1} = R_e^{np} * H + \frac{Pa * H^2}{2} = -0,41 * 10,95 + \frac{(-1,89) * 10,95^2}{2} = -117,8 \text{ кНм};$$

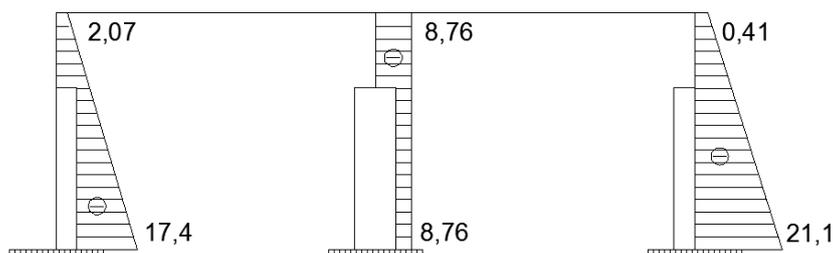
$$N_{0-1} = N_{1-0} = N_{1-2} = N_{2-1} = 0;$$

$$Q_{0-1} = R_e^{np} = -0,41 \text{ кН};$$

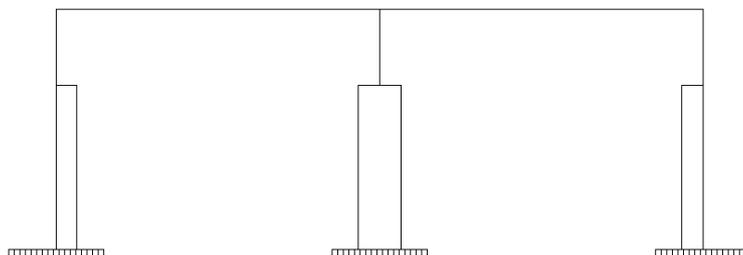
$$Q_{2-1} = R_e^{лев} * P_a * H = -0,41 + (-1,89) * 10,95 = -21,1 \text{ кН}.$$



Эп "M"



Эп "Q"



Эп "N"

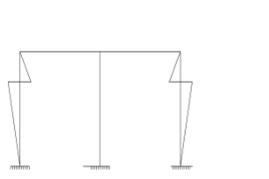
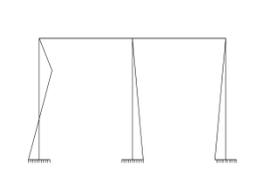
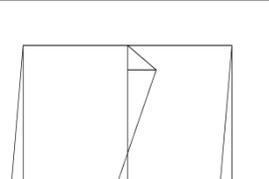
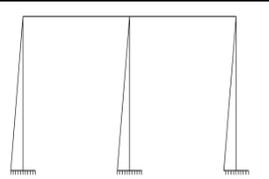
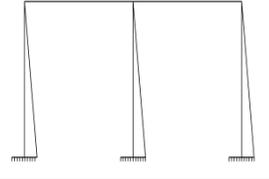
Рис. 2.29. Усилия M, N, Q в колоннах от ветровой нагрузки

Таблица 2.5

Усилия М, Q, N в сечениях крайней колонны и их комбинации для расчета

Нагрузка	Эпюра изгибающих моментов	№ загрузки	Коэф. сочетания	Сечение крайней колонны								
				0-1		1-0		1-2		2-1		
				М	N	М	N	М	N	М	N	Q
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Постоянная		1	1	-18,11	-276,4	24,94	-326,07	-61,43	-372,27	19,58	-454,99	11,33
Снеговая		2	1	-2,01	-50,4	3,77	-50,4	-8,83	-50,4	2,05	-50,4	1,52
		3	0,9	-1,81	-45,36	3,39	-45,36	-7,95	-45,36	1,85	-45,36	1,37
Крановая от 2х кранов (M _{max} на крайней левой опоре)		4	1	0	0	-28,03	0	53,29	-232,34	0,53	-232,34	-7,38
		5	0,9	0	0	-25,23	0	47,96	-209,11	0,48	-209,11	-6,64
Крановая от 2х кранов (M _{max} на крайней левой опоре)		6	1	0	0	-17,99	0	21,45	-112,72	-12,38	-112,72	-4,73
		7	0,9	0	0	-16,19	0	19,31	-101,45	-11,14	-101,45	-4,26

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Усилия от 4х кранов (M_{\max} на средней колонне) - крановая		8	1	0	0	-13,25	0	25,75	-112,72	1,25	-112,72	-3,49
		9	0,9	0	0	-11,93	0	23,18	-101,45	1,13	-101,45	-3,14
Тормозная сила на крайней левой колонне		10	1	0	0	-2,26	0	$\pm 2,26$	0	14,33	0	2,31
		11	0,9	0	0	-2,04	0	$\pm 2,04$	0	12,9	0	2,08
Тормозная сила на средней колонне		12	1	0	0	0,71	0	$\pm 0,71$	0	2,06	0	0,19
		13	0,9	0	0	0,64	0	$\pm 7,95$	0	1,86	0	0,17
Ветровая сила слева направо		14	1	0	0	17,02	0	17,02	0	130,89	0	23,44
		15	0,9	0	0	15,32	0	15,32	0	117,8	0	21,7
Ветровая нагрузка справа налево		16	1	0	0	-19,96	0	-19,96	0	-118,44	0	-19,33
		17	0,9	0	0	-17,97	0	-17,97	0	-106,6	0	-17,4

Продолжение табл. 2.5

		5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основное сочетание нагрузок с учетом снеговой, крановой и ветровой	M_{\max} $N_{\text{соот}}$	-18,11	-276,4	86,36 (1,3,15)	-371,43	46,6	-581,38	276,01	-709,46	40,51
	M_{\min} $N_{\text{соот}}$	-19,92	-321,76	-20,3 (1,5,11,17)	-326,07	-87,35	-417,63	-96,3	-556,14	-10,16
	N_{\max} $M_{\text{соот}}$	-19,92	-321,76	39,09	-326,07	38,65	-626,74	276,01	-709,46	40,51
То же, без учета крановых и ветровых	M_{\max} $N_{\text{соот}}$	-18,11 (1)	-276,4	28,71 (1,2)	-376,47	61,43 (1)	-377,27	21,63 (1,2)	-505,39	12,85
	M_{\min} $N_{\text{соот}}$	-20,12 (1,2)	-326,8	24,94 (1)	-326,07	-70,26 (1,2)	-422,67	19,58 (1)	-454,99	11,33
	N_{\max} $M_{\text{соот}}$	-20,12	-326,8 (1,2)	28,71	-376,47 (1,2)	-70,26 (1,2)	-422,67	21,63	-505,39 (1,2)	12,85

2.3. Расчет и конструирование крайней железобетонной колонны

2.3.1. Исходные данные

1) сечение колонны:

А) в надкрановой части 400x380 мм;

Б) в подкрановой части 400x800 мм;

2) бетон тяжелый класса В-20;

$$\gamma_{e2} = 0,9; E_c = 24 \cdot 10^3 \text{ МПа};$$

$$R_{bn} = 15 \text{ МПа}; R_{bt} = 1,4 \text{ МПа}; R_b = 11,5 \text{ МПа}; R_{bt} = 0,9 \text{ МПа}.$$

3) арматура в виде сварных пространственных каркасов:

продольная – из стали класса А-III, $\phi 10 \div 40$ мм; $R_{sn} = 390$ МПа;

$$R_s = 365 \text{ МПа};$$

$$E_s = 20 \cdot 10^4 \text{ МПа},$$

поперечная – из стали класса А-I; $R_{sn} = 235$ МПа; $R_s = 225$ МПа;

$$R_{sw} = 175 \text{ МПа};$$

$$E_s = 21 \cdot 10^4 \text{ МПа}.$$

4) армирование сечения колонны – симметричное ($A_s = A_s'$);

5) колонна рассчитывается в сечениях 1-0 и 2-1;

6) расчетная схема колонны представляет собой внецентренно сжатый элемент;

7) комбинации усилий для расчета надкрановой части колонны в сечении 1-0

$$1) M = 86,36 \text{ кНм}, N = 371,43 \text{ кН}$$

$$2) M = 20,3 \text{ кНм}, N = 326,07 \text{ кН}$$

Комбинации усилий для расчета подкрановой части колонны в сечении 2-1

$$1) M = 276,01 \text{ кНм}; N = 709,46 \text{ кН}; Q = 40,51 \text{ кН}.$$

$$2) M = 96,3 \text{ кНм}; N = 556,44 \text{ кН}; Q = 10,16 \text{ кН}.$$

$$3) M = 21,63 \text{ кНм}; N = 505,39 \text{ кН}; Q = 12,85 \text{ кН}.$$

2.3.2. Расчет надкрановой части колонны

1 – комбинация:

Усилия от длительных нагрузок составят:

$M_e = 0,8 * 86,36 = 69,09$ кНм; $N_e = 0,8 * 371,43 = 297,14$ кН, где 0,8 – отношение длительной нагрузки к полной.

$$\text{Рабочая высота сечения } h_0 = 38 - 5 = 33 \text{ см}$$

$$\text{Эксцентриситет силы } e_0 = \frac{86,36}{371,43} = 0,232 \text{ м} = 23,2 \text{ см}.$$

Случайный эксцентриситет: $e_0 = \frac{38}{30} = 1,26$ см. Эксцентриситет силы

$e_0 = 23,2 \text{ см} > 1,26 \text{ см}$, поэтому он принимается для расчета.

Расчетная длина колонны $l_0 = 2h_b = 2 * 3,8 = 7,6$ м радиус инерции сечения $i = 0,29 h = 0,29 * 38 = 11,02$ см.

Определяется гибкость колонны $\lambda = l_0 \sqrt{i} = 760 \sqrt{11,02} = 68,96$; так как $68,96 > 14$ необходимо учесть влияние прогиба колонны на её прочность.

Находим момент инерции сечения бетона относительно центра тяжести сечения колонны:

$$I = i^2 * A = 11,02^2 * 40 * 38 = 184589 \text{ см}^4$$

В первом приближении принимаем: $\mu = 1\%$, т.е. $\mu = 0,01$.

Определяем момент инерции площади сечения арматуры относительно центра тяжести сечения элемента $I_s = \mu * A \left(\frac{h}{2} - a\right)^2 = 0,01 * 40 * 38 * \left(\frac{38}{2} - 5\right)^2 = 2979 \text{ см}^4$.

Определяем: $\phi_e = 1 + \beta * \frac{M_e}{M} = 1 + 1 * \frac{69,09}{86,36} = 1,8$; где $\beta = 1$;

$$\delta_e = \frac{10}{h} = \frac{23,2}{38} = 0,61; \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{20 * 10^4}{24 * 10^3} = 8,33;$$

Определяется коэффициент: $\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 * \frac{l_0}{h} - 0,01 R_b * \gamma_{b2} = 0,5 - 0,01 * \frac{760}{38} - 0,9 * 0,01 * 11,5 = 0,196 < 0,61 = \delta_{e\pi}$.

Принимаем для расчета $\delta_e = 0,61$.

$\phi_p = 1$, при отсутствии предварительно напряженной арматуры.

Условная критическая сила составит:

$$N_{cr} = \frac{6,4 E_b}{l_0^2} \left(\frac{1}{\phi_e} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\phi_p}} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right) = \frac{6,4 * 24 * 10^3}{760^2} \left(\frac{184589}{1,8} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{0,6}{1}} + 0,1 \right) + 8,33 * 2979 \right) = 13552 \text{ МПа см}^2 = 1355,2 \text{ кН}$$

Находим коэффициент, учитывающий влияние прогиба на прочность колонны:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{371,43}{1355,2}} = 1,38;$$

Уточняется значение эксцентриситета:

$$e = e_0 * \Pi + \frac{h}{2} - a = 23,2 * 1,38 + \frac{38}{2} - 5 = 46 \text{ см},$$

Граничное значение относительной высоты сжатой зоны бетона

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{su}}} = \frac{0,767}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,767}{1,1}\right)} = 0,628,$$

где $\omega = 0,85 - 0,008 * R_b \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 * 11,5 * 0,9 = 0,767$

$\delta_{se} = R_s = 365 \text{ МПа}$; $\delta_{scu} = 500 \text{ МПа}$.

При симметричном армировании: $N = R_b * \gamma_{b2} * b * x$;

$$\text{где } x = \frac{N}{R_b * \gamma_{b2} * b} = \frac{371,43 * 10^3}{11,5 * 0,9 * 40 * 10^2} = 8,97 \text{ см};$$

$$\xi_r = \frac{x}{h_0} = \frac{8,97}{33} = 0,27 < 0,628 = \xi_r;$$

т.е. имеет место первый случай (случай большого эксцентриситета), поэтому расчет выполняем из условия $\xi < \xi_r$

Определяется площадь сечения продольной арматуры

$$A_s = A_{s'} = \frac{N(e - h_0 + \frac{N}{2R_b \cdot \gamma_b \cdot 2 \cdot b})}{R_{sc} \cdot (h_0 - a')} = \frac{371,43 \cdot 10^3 (46 - 33 + \frac{371,43 \cdot 10^3}{2 \cdot 11,5 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 10^2})}{365 \cdot (33 - 5) \cdot 10^2} = 6,35 \text{ см}^2.$$

Принимаем: 3ф18 АП, $A_s = A_{s'} = 7,63 \text{ см}^2 > 6,35 \text{ см}^2$

$$\text{Определяем: } \mu_1 = \frac{2 \cdot 7,63}{40 \cdot 38} \cdot 100 = 1\%$$

2 – комбинация

Усилия от длительных нагрузок составят: $M_I = 0,8 \cdot 20,3 = 16,24 \text{ кН}$;
 $N_I = 0,8 \cdot 326,07 = 260,86 \text{ кН}$.

Рабочая высота сечения $h_0 = 38 - 5 = 33 \text{ см}$. Эксцентриситет силы $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20,3}{326,07} = 0,062 \text{ м} = 6,2 \text{ см}$.

Расчетная длина колонны $l_0 = 2 h_b = 2 \cdot 3,8 = 7,6 \text{ м}$

Радиус инерции сечения $i = 0,29 \cdot h = 0,29 \cdot 3,8 = 11,02 \text{ см}$,

$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{760}{11,02} = 68,96 > 14$, следовательно, необходимо учесть влияние прогиба колонны на ее прочность.

$$I = i^2 \cdot A = 11,02^2 \cdot 40 \cdot 38 = 184589 \text{ см}^4$$

В первом приближении принимаем $\mu = 1\%$, $\mu = 0,01\%$. Согласно формуле определяем

$$I_s = \mu \left(A \left(\frac{h}{2} - a \right)^2 \right) = 0,01 \cdot 40 \cdot 38 \left(\frac{38}{2} - 5 \right)^2 = 2979 \text{ см}^4.$$

$$\phi_e = 1 + \beta \cdot \frac{M_e}{M} = 1 + 1 \cdot \frac{16,24}{20,3} = 1,8; \quad \delta_e = \frac{l_0}{h} = \frac{6,2}{38} = 0,163;$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{20 \cdot 10^4}{24 \cdot 10^3} = 8,33.$$

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{h} - R_b \cdot \gamma_b \cdot 0,01 = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{760}{38} - 0,01 \cdot 11,5 \cdot 0,9 = 0,196 > 0,163 = \delta_e.$$

Принимаем для расчета $\delta_e = 0,196$; $\phi_p = 1$;

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 24 \cdot 10^3}{760^2} \left(\frac{184589}{1,8} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{0,196}{1}} + 0,1 \right) + 8,33 \cdot 2979 \right) = 20732 \text{ МПа см}^2 = 2073,2 \text{ кН};$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_c}} = \frac{1}{1 - \frac{326,07}{2073,2}} = 1,18; \quad e = l_0 * \eta + \frac{h}{2} - a = 6,2 * 1,18 + \frac{38}{2} - 5 = 21,316 \text{ см},$$

$$x = \frac{N}{R_b * \gamma_{b2} * b} = \frac{326,07 * 10^3}{11,5 * 0,9 * 40 * 10^2} = 7,87 \text{ см};$$

$$\xi_r = \frac{x}{h_0} = \frac{7,87}{33} = 0,24 < 0,628 = \xi_r$$

т.е. имеет место первый случай (случай большого эксцентриситета), поэтому расчет выполняем из условия $\xi < \xi_r$

Определяем площадь сечения продольной арматуры

$$A_s = A_s' = \frac{N(1 - h_0 + \frac{N}{2R_b * \gamma_{b2} * b})}{R_{sc} * (h_0 - a')} = \frac{326,07 * 10^3 (21,316 - 33 + \frac{326,07 * 10^3}{2 * 11,5 * 0,9 * 40 * 10^2})}{365 * (33 - 5) * 10^2} = -2,47 \text{ см}^2 < 0.$$

Принимаем по конструктивным требованиям

$$2\phi 16 \text{ АШ}, A_s = 4,02 \text{ см}^2; \quad A_s = 0,002 * 38 * 40 = 3,04 \text{ см}^2;$$

$$\mu_1 = \frac{4,02}{40 * 38} * 100 = 0,26\% > 0,2 = \mu_{\min}.$$

Окончательно принимаем 3φ18 АШ; 3φ18 АШ, $A_s = 7,63 \text{ см}^2$.

2.3.3. Расчет подкрановой части колонны

1 комбинация

$$M = 276,01 \text{ кНм}; \quad N = 709,46 \text{ кН} \quad Q = 40,51 \text{ кН}$$

Усилия от длительных нагрузок:

$$M_l = 0,8 * 276,01 = 220,81 \text{ кНм}; \quad N_l = 0,8 * 709,46 = 567,57 \text{ кН}; \quad Q = 0,8 * 40,51 = 32,41 \text{ кН}.$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{276,01}{709,46} = 0,39 \text{ м} = 39 \text{ см}; \quad l_0 = 1,5H_1 = 1,5 * 7,15 = 10,725 \text{ м};$$

$$i = 0,29 * h_a = 0,29 * 80 = 23,2 \text{ см}; \quad \lambda = \frac{1072,5}{23,2} = 46,23 > 14;$$

$$I = 23,2^2 * 40 * 80 = 1722368 \text{ см}^4; \quad \mu = 0,01; \quad I_s = 0,01 * 40 * 80 \left(\frac{80}{2} - 5\right)^2 = 39200 \text{ см}^4; \quad \phi_1 = 1 + 1 * \frac{220,81}{276,01} = 1,8; \quad \delta_e = \frac{39}{80} = 0,487;$$

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 * \frac{l_0}{h} = 0,01 R_b * \gamma_{b2} = 0,5 - 0,01 * \frac{1072,5}{80} - 0,01 * 11,5 * 0,9 = 0,262 < 0,487 = \delta_e.$$

Принимаем для расчета: $\delta_e = 0,487; \quad \phi_p = 1$

$$N_{cr} = \frac{6,4 * 24 * 10^3}{1072,5^2} \left(\frac{1722368}{1,8} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{0,487}{1}} + 0,1 \right) + 8,33 * 39200 \right) =$$

$$= 80,326 \text{ МПа см}^2 = 8032,6 \text{ кН}; \quad \Pi = \frac{1}{1 - \frac{709,46}{8032,6}} = 1,097;$$

$$e = 39 * 1,097 + \frac{80}{2} - 5 = 77,78 \text{ см}; \quad \xi_r = 0,628; \quad x = \frac{709,46 * 10^3}{11,5 * 0,9 * 40 * 10^2} = 17,4 \text{ см};$$

$$\xi_r = \frac{x}{h_0} = \frac{17,4}{75} = 0,23 < 0,628 = \xi_r;$$

т.е. имеет место первый случай (случай большого эксцентриситета), поэтому расчет выполняем из условия $\xi < \xi_r$.

$$A_s = A_s' = \frac{709,46 * 10^3 \left(77,78 - 75 + \frac{709,46 * 10^3}{2 * 11,5 * 0,9 * 40 * 10^2} \right)}{365 * (75 - 5) * 10^2} = 3,15 \text{ см}^2.$$

Принимаем: 3ф18 АП, $A_s = A_s' = 7,63 \text{ см}^2 > 6,4 \text{ см}^2$,
где: $A_s = 0,002 * 40 * 80 = 6,4 \text{ см}^2$.

2 комбинация

$$N_e = 0,8 * 556,44 = 445,15 \text{ кН}; \quad M_e = 0,8 * 96,3 = 77,04 \text{ кН}; \quad h_0 = 80 - 5 = 75 \text{ см};$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{96,3}{556,44} = 0,173 \text{ м} = 17,3 \text{ см}; \quad l_0 = 1,5H_1 = 1,5 * 7,15 = 10,725 \text{ м};$$

$$i = 0,29 * h_a = 0,29 * 80 = 23,2 \text{ см}; \quad \lambda = \frac{1072,5}{23,2} = 46,23 > 14;$$

$$I = 23,2^2 * 40 * 80 = 1722368 \text{ см}^4; \quad \mu = 0,01;$$

$$I_s = 0,01 * 40 * 80 \left(\frac{80}{2} - 5 \right)^2 = 39200 \text{ см}^4;$$

$$\phi_e = 1 + 1 * \frac{77,04}{96,3} = 1,8; \quad \delta_e = \frac{17,3}{80} = 0,216;$$

$$\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 * \frac{l_0}{h} - 0,01 R_b * \gamma_{b2} = 0,5 - 0,01 * \frac{1072,5}{80} - 0,01 * 11,5 * 0,9 =$$

$$0,262 > 0,216$$

Принимаем для расчета $\delta_e = 0,262$; $\phi_p = 1$;

$$N_{c2} = \frac{6,4 * 24 * 10^3}{1072,5^2} \left(\frac{1722368}{1,8} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{0,262}{1}} + 0,1 \right) + 8,33 * 39200 \right) = 95209 \text{ МПа см}^2$$

$$=$$

$$= 9521 \text{ кН}; \quad \Pi = \frac{1}{1 - \frac{556,44}{9521}} = 1,06$$

$$l = 17,3 * 1,06 + \frac{80}{2} - 5 = 53,34 \text{ см}; \quad \xi_r = 0,628;$$

$$x = \frac{556,44 * 10^3}{11,5 * 0,9 * 40 * 10^2} = 13,44 \text{ см};$$

$$\xi_r = \frac{x}{h_0} = \frac{13,44}{75} = 0,179 < 0,628 = \xi_r;$$

т.е. имеет место первый случай (случай большого эксцентриситета), поэтому расчет выполняем из условия $\xi < \xi_r$

$$A_s = A_s' = \frac{556,44 \cdot 10^3 (53,34 - 75 + \frac{556,44 \cdot 10^3}{2 \cdot 11,5 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 10^2})}{365 \cdot (75 - 5) \cdot 10^2} = -2,71 \text{ см}^2 < 0.$$

Принимаем по конструктивным требованиям:

$$3\phi 18 \text{ АШ, } A_s = 7,63 \text{ см}^2 > 6,4 \text{ см}^2, \text{ где: } A_s = 0,002 \cdot 40 \cdot 80 = 6,4 \text{ см}^2$$

3 - комбинация

$$\begin{aligned} M &= 21,63 \text{ кНм; } & N &= 505,39 \text{ кН; } & Q &= 12,85 \text{ кН;} \\ M_e &= 17,3 \text{ кНм; } & N_e &= 404,31 \text{ кН;} \end{aligned}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{21,63}{505,39} = 0,043 \text{ м} = 4,3 \text{ см; } \quad l_0 = 1,5H_1 = 1,5 \cdot 7,15 = 10,725 \text{ м;}$$

$$i = 0,29 \cdot h_a = 0,29 \cdot 80 = 23,2 \text{ см; } \quad \lambda = \frac{1072,5}{23,2} = 46,23 > 14;$$

$$I = 23,2^2 \cdot 40 \cdot 80 = 1722368 \text{ см}^4 \quad \mu = 0,01;$$

$$I_s = 0,01 \cdot 40 \cdot 80 \left(\frac{80}{2} - 5\right)^2 = 39200 \text{ см}^4; \quad \phi_e = 1 + 1 \cdot \frac{17,3}{21,63} = 1,8;$$

$$\delta_e = \frac{4,3}{80} = 0,05;$$

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{h} - 0,01 R_b \cdot \gamma_{b2} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{1072,5}{80} - 0,01 \cdot 11,5 \cdot 0,9 = 0,262 > 0,05 ;$$

Принимаем для расчета $\delta_e = 0,262$; $\phi_p = 1$;

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 24 \cdot 10^3}{1072,5^2} \left(\frac{1722368}{1,8} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{0,262}{1}} + 0,1 \right) + 8,33 \cdot 39200 \right) = 95209 \text{ МПа}$$

$$\text{см}^2 = 9521 \text{ кН;}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{505,39}{9521}} = 1,05; \quad l = 4,3 \cdot 1,05 + \frac{80}{2} - 5 = 39,51 \text{ см; } \xi_r = 0,628$$

$$x = \frac{505,39 \cdot 10^3}{11,5 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 10^2} = 12,21 \text{ см; } \xi_r = \frac{x}{h_0} = \frac{12,21}{75} = 0,163 < 0,628 = \xi_r;$$

т.е. имеет место первый случай (случай большого эксцентриситета), поэтому расчет выполняем из условия $\xi < \xi_r$

$$A_s = A_s' = \frac{505,39 \cdot 10^3 (39,51 - 75 + \frac{505,39 \cdot 10^3}{2 \cdot 11,5 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 10^2})}{365 \cdot (75 - 5) \cdot 10^2} = -4,8 \text{ см}^2 < 0.$$

Принимаем по конструктивным требованиям:

$$3\phi 18 \text{ АШ, } A_s = 7,63 \text{ см}^2 > 6,4 \text{ см}^2,$$

$$\text{где: } A_s = 0,002 \cdot 40 \cdot 80 = 6,4 \text{ см}^2.$$

Принимаем: над крановая часть – 3φ18 АШ; $A_s = 7,60 \text{ см}^2$, подкрановая часть: 3φ18 АШ, $A_s = 7,63 \text{ см}^2$.

3. Технология и организация строительства

3.1. Разработка календарного плана производства работ одноэтажного промышленного здания

При проектировании календарных планов необходимо соблюдать требования, изложенные в КМК 3.01.01—95 (Организация строительного производства), в которых указано, что к основным работам по строительству объекта разрешается приступать только после окончания подготовительных работ.

Внутриплощадочные подготовительные работы должны предусматривать:

- сдачу-приемку геодезической разбивочной основы; планировку территории строительной площадки; срезку и складирование используемого для рекультивации земель растительного слоя грунта;

- работы по водоотводу и искусственному понижению (в необходимых случаях) уровня грунтовых вод; устройство постоянных и временных дорог; прокладку инженерных сетей водо-, энерго- и теплоснабжения, канализации и др.;

- установку инвентарных временных ограждений строительной площадки;

- устройство складских площадок и помещений для материалов, конструкций и оборудования; организацию связи;

- обеспечение строительной площадки противопожарным водоснабжением и инвентарем, освещением и средствами сигнализации.

Подготовительные работы должны технологически увязываться с общим потоком основных строительного-монтажных работ (СМР).

Таким образом, при разработке календарных планов надо соблюдать следующие основные принципы подготовки и строительства зданий или сооружений:

- работы основного периода начинать только после окончания подготовительных работ;

- строительство начинать с прокладки постоянных подъездных путей к строительной площадке;

- возведение надземных конструкций здания или сооружения разрешается только после устройства подземных конструкций и обратной засыпки котлованов, траншей, пазух;

- предусмотреть в плане выполнение всех видов работ, начиная от подготовительных и заканчивая благоустройством со сдачей объекта в эксплуатацию;

- работы вести поточными методами;

- применять наиболее прогрессивные методы выполнения работ с максимально возможной и экономически целесообразной степенью механизации и комплексной механизации;

- продолжительность строительства не должна превышать нормативную согласно КМК 1.04.03-95;
- работы должны быть максимально совмещены во времени без нарушения технологии строительного производства и с соблюдением правил техники безопасности;
- принятые методы производства работ должны обеспечивать высокое качество строительства;
- загрузка рабочих бригад и машин должны быть равномерной и бесперебойной;
- увеличивать сменность работ, выполняемых дорогостоящими строительными машинами, от продолжительности которых зависит срок ввода объекта в эксплуатацию.

Исходными данными для составления календарного плана являются:

- чертежи архитектурно-строительной части; чертежи расчетно-конструктивной части; объемы строительного-монтажных работ; строительный объем здания;
- принятые методы производства работ и механизмы; трудоемкость работ и затраты машинного времени; этажность, конфигурация и размеры здания; возможность разделения здания на захватки; нормативная продолжительность строительства.

Для систематизации проектирования, улучшения контроля и промежуточной оценки готовности проектов разработку курсовых и дипломных проектов рекомендуется выполнять по этапам согласно логической модели.

3.1.1. Определение номенклатуры и объемов работ

Приступая к определению объемов работ, нужно тщательно проанализировать архитектурно-строительную и расчетно-конструктивную части проекта, определить наиболее рациональные методы технологии и организации строительства, установить номенклатуру работ. Степень детализации работ для каждого строящегося объекта зависит от назначения здания или сооружения, его конструктивного решения.

Определение объемов работ является ответственным этапом разработки календарного плана: по ним определяют трудовые затраты, потребность в машинах, строительных конструкциях, изделиях и материалах; по ним составляют технологические карты, определяют сметную стоимость СМР, технико-экономические показатели, принимают решения о методах производства работ.

Подсчитывая объемы работ, нужно соблюдать требования и последовательность, изложенные ниже.

Сначала определяется перечень работ подготовительного периода. Для упрощения состава подготовительных работ допускается в их номенклатуру вносить укрупненную строку «Внутри-площадочные работы». Затем определяют перечень работ основного периода, при этом заготовительные

процессы в номенклатуру работ не включают. Все работы основного периода строительства группируют в циклы.

При подсчете объемов работ необходимо максимально использовать спецификации и другие данные проекта. Объемы работ по отдельным конструктивным элементам надо определять по правилам подсчета в единицах измерения СНиП (ч. IV) или ЕНиР. Специализированные работы (санитарно-технические, электротехнические и др.) записываются также укрупненно, одной строкой каждая. Мелкие работы тоже группируются.

3.1.2. Выбор методов производства работ, машин и механизмов

Важнейшим этапом проектирования календарного плана является выбор методов производства работ. При разработке курсовых и дипломных проектов необходимо найти наиболее эффективные решения по технологии и организации строительства. При выборе методов производства работ нужно стремиться к комплексной механизации работ с применением новых высокопроизводительных машин, ориентироваться на прогрессивные методы труда.

При выборе основных видов работ надо охватить следующие вопросы:

- максимальное использование механизации и комплексной механизации при выполнении СМР;
- использование различной монтажной оснастки, приспособлений, подмостей;
- применение передовых методов и приемов труда, прогрессивной организации производства; внедрение научной организации труда (НОТ) в строительстве;
- использование средств малой механизации;
- обеспечение высокого качества работ.

Выбор методов производства работ и строительных машин производится на основании типовых технологических карт, карт трудовых процессов и справочной литературы. Примерный перечень методов производства работ приведен в табл.; в ней указаны процессы и источники, которые помогут учащимся выбрать метод производства работ, описать его и определить трудоемкость работ.

3.1.3. Определение трудоемкости работ и затрат машинного времени

Трудовые затраты и количество машино-смен на выполнение строительных процессов при разработке календарных планов рекомендуется определять по КМК IV-2-92 или по ЕНиР.

Нормирование трудовых затрат по ЕНиР весьма громоздко и трудоемко. Кроме того, ЕНиР не учитывают затрат труда на транспортировку строительных конструкций, деталей, изделий, материалов и полуфабрикатов на объект и подачу их кранами или подъемниками к месту производства

работ, при этом трудоемкость транспортных работ учитывается отдельно, тогда как в СНиП они учтены в комплексе с выполнением строительного процесса.

Трудозатраты рабочих, управляющих строительными машинами, нужно включать в общие трудозатраты. Трудоемкость специальных работ определяется по укрупненным измерителям.

Количество строительных машин и механизмов определяется в соответствии с количеством машино-смен, потоком строительных работ по календарному плану, сроками строительства. Выбор строительных машин и механизмов производится обычно одновременно с выбором методов производства работ.

3.1.4. Определение материально-технических ресурсов

На основании объемов работ, КМК IV-2-92 и других справочных данных определяются потребности в строительных конструкциях, изделиях, материалах, машинах и механизмах, приспособлениях, инвентаре и инструменте по ведомости.

Для уменьшения затрат времени на составление указанной ведомости рекомендуется ее совместить с ведомостью подсчета трудоемкости работ.

Определяемая общая масса конструкций, изделий, материалов необходима при дальнейших расчетах транспортных средств для доставки их на строительную площадку и материалоемкости объекта.

3.2. Расчет и проектирование стройгенплана

Строительный генеральный план (стройгенплан) является важным документом проекта производства работ (ППР). Он представляет собой план строительной площадки, на котором, кроме проектируемых и существующих постоянных зданий и сооружений, показано расположение временных зданий и сооружений, коммуникаций, дорог, механизмов, складских площадок, необходимых для производства СМР. В дипломном проекте мы разрабатываем стройгенплан на строительство отдельного объекта, стремясь при этом к рациональному использованию строительной площадки, что может быть достигнуто соблюдением следующих принципов:

- объем строительства временных сооружений должен быть минимальным;
- имеющиеся на строительной площадке здания и сооружения, подлежащие сносу, использовать в период строительства в качестве временных сооружений;
- размещать временные здания и сооружения, соблюдая правила техники безопасности и противопожарные нормы;
- временные здания и сооружения располагать так, чтобы они были удобны при эксплуатации;

- протяженность временных сетей водо- и энергоснабжения должна быть минимальной;
- временные здания и сооружения предусматривать инвентарными, передвижными;
- временные дороги, склады и площадки укрупнительной сборки надо размещать так, чтобы число перегрузок и перемещений строительных грузов на площадке было минимальным.

Исходными данными для составления стройгенплана служат:

- генеральный план участка с нанесенными на нем имеющимися и проектируемыми зданиями, а также сетями подземных коммуникаций;
- календарный план или сетевой график со сводным графиком потребности в рабочих;
- перечень и количество строительных машин и механизмов.

3.2.1. Расчет складских помещений и площадок

Для правильной организации складского хозяйства на строительной площадке необходимо предусматривать:

- открытые площадки для хранения кирпича, железобетонных конструкций и других материалов и конструкций, на которые не влияют колебания температуры и влажности;
- навесы для хранения столярных изделий, рулонных материалов, асбестоцементных листов и т. д.;
- закрытые склады двух типов: отапливаемые (для хранения лакокрасочных материалов, химикатов и т.п.) и неотапливаемые (для хранения войлока, минеральной ваты, гипсокартонных листов, стекла, кровельной стали, электротехнических материалов, фанеры и т. п.).

Способы хранения различных материалов описаны и рассчитаны в листе графической части по форме таблицы. Склады для хранения материально-технических ресурсов должны сооружаться с соблюдением нормативов складских площадей и норм производственных запасов.

Площадь складов рассчитывается по количеству материалов:

$$Q_{\text{зап}} = Q_{\text{общ}} / T \alpha k$$

где $Q_{\text{зап}}$ - запас материалов на складе; $Q_{\text{общ}}$ - общее количество материалов, необходимых для строительства; α - коэффициент неравномерности поступления материалов на склады, принимаемый для автомобильного и железнодорожного транспорта 1,1; T - продолжительность расчетного периода (берется из календарного плана или сетевого графика), дней; n — норма запасов материалов в днях, принимаемая для автотранспорта на расстояние менее 50 км; k - коэффициент неравномерности потребления материалов, принимаемый 1,3.

Принимаются следующие нормы запаса материалов: местных – 2-5 дней (кирпич, бутовый камень, щебень, песок, шлак, сборные железобетонные конструкции, блоки, панели, утеплитель, перегородки);

Привозных – 10 - 15 дней (цемент, известь, стекло, рулонные материалы, оконные переплеты, дверные полотна, металлические конструкции).

Полезная площадь склада F без проходов определяется по формуле:

$$F = Q_{\text{зап}}/q;$$

где q - количество материалов, укладываемое на 1 м^2 площади склада

$$\text{Общая площадь склада: } S = F/\beta$$

где F - коэффициент его использования, характеризующийся отношением полезной площади склада к общей (коэффициент на проходы).

Коэффициент на проходы принимается: для закрытых складов - 0,6 - 0,7; для навесов - 0,5 - 0,6; для открытых складов лесоматериалов - 0,4 - 0,5; нерудных строительных материалов - 0,6 - 0,7. Расчет размеров складов произведен в табл. ____

3.2.2. Определение потребности во временных зданиях и сооружениях

При проектировании стройгенплана необходимо стремиться к сокращению стоимости временных зданий и сооружений, отдавая предпочтение передвижным бытовым помещениям. Временные здания и сооружения возводятся на период строительства, поэтому предусматривать их нужно в минимальном объеме путем:

- использования существующих зданий и сооружений, находящихся на строительной площадке и подлежащих сносу;

- размещения их в ранее выстроенных постоянных зданиях или возводимом здании (в подвалах, бытовых помещениях и т. д.);

- установки инвентарных передвижных (на колесах) временных зданий и сооружений;

- возведения временных зданий и сооружений из сборно-разборных конструкций, некондиционных сборных железобетонных изделий.

Временные здания. К временным подсобным зданиям на строительной площадке относятся: производственные здания и сооружения, склады, служебные здания и санитарно-бытовые помещения.

В соответствии с принятым перечнем используемых материалов и их необходимым объемом нами были рассчитаны площади требуемых складов (табл. 3.1.)

3.2.2.1. Временные сооружения

Расчет их состава ведется с учетом: максимального использования постоянных существующих или вновь возводимых сооружений; инвентарных сооружений.

Номенклатура временных сооружений включает: железные и автомобильные дороги, проезды; пути и подъезды с площадками под механизмы; пешеходные дороги и переходы; инженерные сети — электроснабжение, связь, водо- и теплоснабжение, газопроводы, канализация; площадки укрепленной сборки, ограждения.

Установив номенклатуру зданий и сооружений, переходят к определению их площадей.

Конструктивно временные здания и сооружения могут быть неинвентарными - однократного использования и инвентарными, рассчитанными на многократную перебазировку и использование на различных объектах.

В промышленном строительстве рекомендуются временные инвентарные сборно-разборные здания, а в гражданском - бытовые городки из вагончиков, создающие все условия для работы, питания и отдыха работающих.

Определение площадей временных зданий и сооружений производится по максимальной численности работающих на строительной площадке и нормативной площади на одного человека, пользующегося данными помещениями.

Численность ИТР, служащих и МОП определяется по табл. КМК.

По календарному плану на строительстве промышленного объекта работает максимальное количество - 67 чел. Таким образом, численность работающих N составляет:

$N=67 \times 100/83,9=80$ чел.; следовательно, 1% составляет 0,8 чел.; тогда:

$N_{итр}= 11 \times 0,8 = 9$ чел.;

$N_{служ}= 3,6 \times 0,8 = 3$ чел.;

$N_{моб}=1,5 \times 0,8=2$ чел.;

$N_{общ}=(67+9+3+2) \times 1,05=88$;

Таблица 3.1

Расчет площадей временных зданий

Временные здания	Количество работающих	Количество пользующихся данным помещением	Площадь помещения, м		Тип временного здания	Размеры здания, м
			на одного работающего	общая		
Служебные						
Контора	14	100	4	72	Передвижной вагон	6x4
Диспетчерская	2	100	7	14	Передвижной вагон	3x6
Проходная	-	-	-	6	Сборно-разборный	
Санитарно-бытовые						
Гардеробная	88	70	0,7	43	Передвижной вагон	4x5
Душевая	88	50	0,54	24	Передвижной вагон	
Умывальная	88	50	0,2	9	Передвижной вагон	
Сушилка (для одежды и обуви)	88	40	0,2	7	Передвижной вагон	

продолжение табл 3.1

Помещение для обогрева раб-их, защ. от солн. радиации	88	50	0,1	5	Передвижной вагон	
Помещение для приема пищи и отдыха	88	50	1	44	Передвижной вагон	4x4
Столовая	88	50	0,8	35	Передвижной вагон	7x4
Буфет	88	50	0,7	31	Передвижной вагон	4x4
Медпункт (на одного фельдшера)	-	-	-	24	Передвижной вагон	4x6
Помещение для лич. гигиены женщин (на 100 чел)	-	-	3,5	-	Передвижной вагон	4x5
Туалет с умывальной	36	100	0,1	4	Контейнерный	-
Производственные						
Мастерские технические	В соответствии с потребностями строительства было принято временные здания следующих размеров			22	Передвижной вагон	4x6
Мастерские электрические				42	Передвижной вагон	4x6
Мастерские столярно-плотничные				20	Передвижной вагон	4x5
Малярная станция				15	Передвижной вагон	3x5
Штукатурная				15	Передвижной вагон	3x5

Характеристика временных зданий и сооружений приведена с КМК и ГОСТах.

3.2.3. Расчет потребности строительства в воде

Водоснабжение строительства должно осуществляться с учетом действующих систем водоснабжения.

При устройстве сетей временного водоснабжения в первую очередь следует прокладывать и использовать сети запроектированного постоянного водопровода. При решении вопроса о временном водоснабжении строительной площадки задача заключается в определении схемы расположения сети и диаметра трубопровода, подающего воду на следующие нужды: производственные ($V_{пр}$); хозяйственно-бытовые ($V_{хоз}$); душевые установки ($V_{душ}$); пожаротушение ($V_{пож}$).

Полная потребность в воде составит:

$$V_{общ} = 0,5 (V_{пр} + V_{хоз} + V_{душ}) V_{пож}$$

Расход воды на производственные нужды определяется на основании календарного плана и норм расхода воды, приведенных в КМК.

По максимальной потребности находят секундный расход воды на производственные нужды, л/с:

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{макс}} \cdot k_1 / (t_1 \cdot 3600),$$

где $\sum V_{\text{макс}}$ — максимальный расход воды; k_1 , — коэффициент неравномерности потребления воды, для строительных работ равен 1,5; t_1 — количество часов работы, к которой отнесен расход воды.

В нашем случае:

$$V_{\text{пр}} = 36600 \cdot 1,5 / (8 \cdot 3600) = 1,9 \text{ л/с.}$$

График потребности воды на производственные нужды

Таблица 3.2

Потребители воды	Ед. измер.	Кол-во в смену	Норма расхода воды на ед. измер.	Общ. расх. воды в смену	Месяцы				
					Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Работа экскаватора	маш.-ч	4	10	300	300	300	-	-	-
Заправка Экскаватора	1 маш.	1	100	100	100	100	-	-	-
Поливка бетона и опалубки	м ³	36	300	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Поливка кирпича (с приготовлением раствора)	1 тыс. шт.	45	200	9000	-	-	9000	-	-
Штукатурные работы	м ²	1198,8	7	8391,6	-	-	16800	16800	-
Малярные работы	м ²	1198,8	1	1198,8	-	-	-	980	980
Заправка и обмывка тракторов	1 маш.	1	400	400	400	400	-	-	-
Увлажнение грунта при уплотнении	м ³	2	150	300	1170	-	-	-	300
Поливка уплотняемого щебня (гравия)	м ³	2,4	10	24	78	-	-	-	24
Питание компрессора	м ³ воздуха	5	10	50	50	-	-	50	50
ИТОГО:	-	-	-	-	11600	11600	36600	28630	12154

Количество воды на хозяйственно-бытовые нужды определяется на основании запроектированного стройгенплана, количества работающих, пользующихся услугами, и норм воды, приведенных в КМК.

Секундный расход воды на хозяйственно-бытовые нужды:

$$V_{\text{хоз}} = \sum V_{\text{макс.х}} \cdot 1,5 / (t_1 \cdot 3600);$$

где $\sum V_{\text{макс}}$ — максимальный расход воды в смену на хозяйственно-литьевые нужды; k_2 — коэффициент неравномерности потребления, принимаемый по табл.; t_2 — число часов работы в смену.

Расход воды на хозяйственно-бытовые нужды
 $V_{\text{макс}} = 67 \times 15 = 1005$ л/с. $V_{\text{хоз}} = 1005 \times 1.5 / (8 \times 3600) = 0,05$ л/с.

Секундный расход воды на душевые установки

$$V_{\text{душ}} = V_{\text{макс}} \times k_3 / (t_3 \times 3600),$$

где $V_{\text{макс}}$ — максимальный расход воды на душевые установки; t_3 — продолжительность работы душевой установки, обычно 45 мин, или 0,75 ч; k_3 — коэффициент неравномерности потребления, равен 1; тогда

$$\sum V_{\text{макс}} = 30 \times 36 = 1071 \text{ л} \quad V_{\text{душ}} = 1071 \times 1 / (0,75 \times 3600) = 0,396 \text{ л/с.}$$

В дипломном проектировании расход воды на пожаротушение на стройплощадке следует принимать 10 л/с, т. е. предусматривать одновременное действие струй из двух гидрантов по 5 л/с. Таким образом,

$$V_{\text{общ}} = 0,5 (1,9 + 0,05 + 0,396) + 10 = 12,13 \text{ л/с.}$$

Диаметр трубопровода для временного водопровода рассчитывают по формуле:

$$D = 35,69 \sqrt{V_{\text{расч}} / v}$$

где $V_{\text{расч}} = V_{\text{общ}}$. отсюда

$$D = 35,69 \sqrt{12,13 / 2} = 87,9 \text{ мм}$$

где v — скорость воды: $v = 1,5-2$ м/с для больших диаметров и $v = 0,7-1,2$ л/с для малых.

По КМК принимаем диаметр трубы 100 мм.

3.2.4. Обеспечение строительства электроэнергией

Основным источником энергии, используемым при строительстве зданий и сооружений, служит электроэнергия. Для питания машин и механизмов, электросварки и технологических нужд применяется силовая электроэнергия, источником которой являются высоковольтные сети; для освещения строительной площадки используется осветительная линия.

Электроснабжение строительства осуществляется от действующих систем или инвентарных передвижных электростанций. При разработке курсового и дипломного проектов необходимо решить вопросы электроснабжения строительной площадки:

- определить потребную трансформаторную мощность (кВт);
- выбрать источники электроэнергии;
- установить принципиальную схему электроснабжения с нанесением источников электроснабжения, потребителей и основных сетей на стройгенплан.

Электрическая энергия на строительной площадке потребляется для питания машин, т. е. производственных нужд, для наружного и внутреннего освещения и на технологические нужды.

На основании календарного плана производства работ, графика работы машин и стройгенплана определяются электропотребители и их мощность (кВт), устанавливаемая в период максимального потребления электроэнергии.

Чтобы установить мощность силовой установки для производственных нужд, составляется график по форме табл. 3.4

Мощность силовой установки для производственных нужд определяется по формуле:

$$W_{\text{пр}} = \sum P_{\text{пр}} \times k_c / \cos \gamma,$$

где k_c коэффициент спроса; $\cos \gamma$ — коэффициент мощности.

Таблица 3.3

График мощности установки для производственных нужд

механизмы	ед. измер.	кол-во	устан.мощ. двиг. кВт	общ.мощ. кВт	месяцы				
					декабрь	январь	март	апрель	май
Растворонасосы СО-49Б	шт	2	4	8	8	8		8	
Штукатурная станция "Салют-2"	шт	1	10	10			10		
Малярная станция СО-115	шт	1	40	40			40		
Машина для подачи мастик СО-100А	шт	2	60	120					120
Машина для нанесения мастик СО-122А	шт	2	4,9	9,8					9,8
Сварочные аппараты СТЭ-24	шт	2	54	108				108	
Итого:				295,8	8	8	50	116	129,8

Максимальная $W_{\text{пр}}$ составляет 129,8 кВт, по данному количеству и ведем расчет:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{пр}} &= P_{\text{мал.ст.}} \times k_c / \cos \gamma + P_{\text{шт.ст.}} \times k_c / \cos \gamma + P_{\text{роств.}} \times k_c / \cos \gamma + P_{\text{под.маст.}} \times k_c / \cos \gamma + P_{\text{нанес.маст.}} \times k_c / \cos \gamma \\
 &= 40 \times 0.5 / 0.65 + 10 \times 0.7 / 0.8 + 8 \times 0.7 / 0.8 + 120 \times 0.7 / 0.8 + 9,8 \times 0,7 / 0,8 = \\
 &= 13 + 8,75 + 7 + 105 + 8,5 = 142,25 \text{ кВт};
 \end{aligned}$$

При расчете потребности в электроэнергии на технологические нужды следует руководствоваться данными из КМК.

Таблица 3.4

Мощность электросети для освещения территории производства работ

потребители электроэнергии	ед.измер.	количество	норма освещ., кВт	мощность, кВт
Монтаж сборных конструкций	1000 м ²	1	2,4	2,4
Открытые склады	1000 м ²	2,02	1	2,02
Внутрипостроечные дороги	км	0,55	2,2	1,21
Охранное освещение	-	0,62	1,2	0,744
Прожекторы	шт	8	0,5	4
			Итого:	10,374

Мощность сети наружного освещения находят по формуле:

$$W_{н.о.} = k_c \sum P_{н.о.} = 1 \times 10,374 = 9,79 \text{ кВт};$$

Таблица 3.5

Мощность сети внутреннего освещения

потребители электроэнергии	ед.измер.	количество	норма освещ., кВт	мощность, кВт
Контора производителя работ	100 м ²	1	1,2	1,2
Гардероб с умывальной	-	0,7	1,2	0,84
Помещения для приема пищи	-	0,5	1	0,5
Душевая	-	0,5	1	0,5
Помещение для сушки одежды	-	0,4	1	0,4
Помещение для обогрева рабочих	-	0,5	1	0,5
Уборные (выгребные)	-	1	1	1
Мастерские	-	0,65	1,3	0,845
Проходная	-	0,05	1	0,05
Склады	-	0,25	1	0,25
			Итого:	6,085

Мощность сети внутреннего освещения рассчитывают по выражению:

$$W_{в.о.} = k_c \sum P_{в.о.} = 0,8 \times 6,085 = 6,085 \text{ кВт};$$

Отсюда общая мощность электропотребителей

$$W_{общ} = 142,25 + 9,79 + 6,085 = 158,12 \text{ кВт};$$

По которой и подбирается трансформатор. Мощность трансформатора:

$$W_{тр} = 1,1 \times 158,12 = 173,9 \text{ кВт}$$

Принимаем трансформатор марки ТМ-180/10 (10кВ, 180кВт, 1450кг).

3.3. Методика проектирования строительного генерального плана

Стройгенплан характеризует полноту и качество организационных мероприятий на объектах строительства. Назначение стройгенплана

заключается в создании необходимых условий для труда строителей, механизации работ, приемки, хранения и укладки в дело конструкций и материалов, обеспечения работ водными и энергетическими ресурсами.

На стройгенплане должны быть нанесены: строящиеся объекты и имеющиеся на строительной площадке здания и сооружения; постоянные дороги и подъезды, используемые в период строительства; временные дороги и проезды; механизированные установки, механизмы и башенные краны с путями или пути перемещения стреловых кранов; склады для хранения строительных материалов, изделий, инвентаря, инструмента; площадки для приема раствора и бетона; площадки (полигоны) укрупнительной сборки; временные здания и сооружения; временные и используемые в период строительства постоянные сети водопровода, канализации, электроснабжения, газоснабжения и др.; прожекторы для освещения строительной площадки; пожарные гидранты и места расположения щитов с пожарным инвентарем; площадки для отдыха рабочих; ограждения строительной площадки с указанием въезда и выезда; ограждения опасной зоны.

Стройгенплан надо проектировать в соответствии с генеральным планом, разработанным в архитектурно-планировочной части. Проектирование начинается с переноса сетки квадратов, реперов и постоянных коммуникаций. Затем наносят строящиеся объекты и имеющиеся на строительной площадке здания и сооружения.

Проектирование дорог. Для транспортировки конструкций и материалов необходимо в максимальной степени использовать постоянные дороги.

Временные вне- и внутриплощадочные дороги следует предусматривать при невозможности использования постоянных дорог. Временные дороги строят одновременно с постоянными, формируя единую транспортную сеть.

При трассировке дорог должны выдерживаться указанные ниже расстояния: между дорогой и складской площадкой - 0,5 м; дорогой и подкрановыми путями - 6,5-12,5 м; дорогой и осью железнодорожных путей - 3,75 м; дорогой и забором не менее 1,5 м.

Кроме того, нужно соблюдать следующие требования:

ширина временных дорог при одностороннем движении должны, быть 3-4 м, при двухстороннем - 5-8 м; радиус закругления внутриплощадочных дорог принимается в зависимости от вида транспортных средств и габаритов перевозимых конструкций в пределах 12-30 м; при минимальном радиусе округления ширина проезда 3,5 м недостаточна для движения автомобильных проездов, и ее надо расширить до 5 м; при одностороннем движении между дорогой и складами нужно оставлять полосы шириной не менее 3 м для стоянки транспорта под разгрузкой; дороги целесообразно делать кольцевыми, а при необходимости ш тупиков следует предусматривать для разворота машин площадки размерами не менее 12x12 м; при монтаже непосредственно с транспортных средств (с колес) целесообразно внутриплощадочные дороги располагать вне зоны действия крана, а для разгрузки расширять дорогу в зоне его действия.

Характеристика и основные технико-экономические показатели инвентарных железобетонных плит для временных дорог приведены в листе б.

Размещение монтажных машин и механизмов. Места установки и пути движения монтажных машин и механизмов должны соответствовать разработанным технологическим картам. При устройстве путей под башенные краны надо показывать концевые упоры, заземление, подключение крана, а также ограждение опасной зоны.

С целью экономии длина путей под башенные краны должна быть меньше длины строящегося объекта на величину вылета стрелы, обеспечивающего подачу материалов и конструкций в наиболее удаленную точку.

Ширина путей движения стреловых кранов определяется их габаритами и радиусом вращения поворотной части. По оси путей стрелкой указывается направление движения монтажной машины.

При работе стреловых кранов необходимо предусматривать резервные площадки для каждой их перестановки по периметру здания. Размеры этих площадок должны соответствовать размерам принятого оборудования для приема раствора или бетона. К ним должен быть обеспечен подъезд и предусмотрена возможность разворота автосамосвала.

Площадки (полигоны) укрупнительной сборки располагают у мест установки укрупненных конструкций в проектное положение и, безусловно, в зоне действия монтажного крана. Размеры таких площадок определяются габаритами конструкций и оборудования, установленных для этой цели.

Расположение складов. Расположение строительного хозяйства на площадке должно обеспечивать: кратчайшие пути перемещения материалов при минимальном количестве перегрузок; наименьшую протяженность и экономичность сооружения при эксплуатации временных сетей водопроводов, электро-теплоснабжения; возможность применения прогрессивных методов строительства, комплексной механизации, поточности работ, укрупнительной сборки и т.д.; бытовые нужды персонала строительства.

Крытые склады располагают у границы зоны действия крана, а открытые склады — внутри этой зоны. Материалы, требующиеся в большом количестве, распределяют равномерно по всему фронту работ параллельно пути движения крана. При этом потребная площадь склада по ведомости расчета должна соответствовать сумме принятых при размещении их на стройгенплане.

Площадки для складирования строительных конструкций располагают в зоне действия кранов с учетом технологической последовательности монтажа. Размеры площадок принимают соответственно габаритам конструкций с учетом проходов. Граница открытых складов должна проходить от края дороги не менее чем на 0,5 м.

Прием раствора и бетона необходимо предусматривать в зоне действия крана в одном или нескольких местах по фронту работ. Оборудование для

приема раствора и бетона устанавливается на расширенной части дороги (см. условные обозначения на листе 6).

Размещение бытовых зданий и помещений. Они должны находиться на расстоянии не менее 50 м от объектов, выделяющих пыль, газ и пар. Расстояние от рабочих мест до гардеробных, душевых, умывальных должно быть не более 500 м, до уборных — не более 100 м, до помещений общественного питания — не более 500 м, до помещений для обогрева работающих — не более 150 м.

Площадки для отдыха, места для курения, укрытия от атмосферных осадков должны предусматриваться по количеству работающих в наиболее многочисленной смене.

Размещение временных зданий и сооружений. При размещении административно-бытовых и производственных зданий и сооружений надо руководствоваться следующими правилами: бытовые сооружения размещать вблизи входов на строительную площадку; размещение бытовых помещений должно исключать нарушение правил техники безопасности, не должно производиться в опасной зоне крана; административно-бытовые и производственные здания должны располагаться с соблюдением пожарных разрывов — не менее 5 м.

При проектировании стройгенплана необходимо предусматривать временные здания производственного назначения как для собственных нужд строительства, так и для субподрядных организаций.

Склады для хранения столярных изделий, рулонных и других материалов размещают в зоне действия крана, обеспечив к нему подъезд автотранспорта, площадку для разгрузки материалов и разворота транспортных средств.

Расположение временных инженерных коммуникаций. Временные сети водопровода, канализации, электроснабжения располагаются на свободной территории строительной площадки. Постоянный водопровод заглубляется. Место его подключения к постоянному выполняется согласно условному обозначению. Там же устанавливается водомер.

Протяженность временной канализации должна быть минимальной, по лому канализованные временные сооружения нужно полагать как можно ближе к постоянной канализационной сети. При подключении временных сетей электроснабжения к постоянным необходимо предусматривать трансформаторную подстанцию с пунктом учета. Распределительные щиты размещают в местах подключения электродвигателей, сварочных трансформаторов и прочего оборудования.

Наружное освещение устраивается на деревянных опорах через 30—40 м по периметру строительной площадки вне зоны действия кранов. Рабочие места освещаются переносными осветительными мачтами. В углах строительной площадки устанавливают прожекторы, которые должны создавать достаточную освещенность складов, проездов и рабочих мест.

Пожарные гидранты располагают через 300 м на постоянном водопроводе, укладываемом в начальный период строительства. К гидрантам устраивается проезд; удаление их от дороги должно быть не более 2 м. В

наиболее опасных в пожарном отношении местах оборудуют специальные щиты с противопожарным инвентарем.

Площадки для отдыха работающих и места для курения предусматривают вблизи бытовых помещений. Питьевые фонтанчики или сатураторы размещают в проходах. Водоразборные краны устанавливают на временном водопроводе в местах потребления воды, обычно вблизи мест приема раствора и бетонной смеси, поливки кирпича и др.

Строительная площадка ограждается по периметру на расстоянии не менее 2 м от края проезжей части дороги, временных зданий и сооружений, складов. Ограждение может быть временным или постоянным. В нем устраиваются ворота с надписями «Въезд» и «Выезд».

Кроме общего ограждения строительной площадки, ограждается также опасная зона. Размеры опасной зоны зависят от высоты, на которой ведутся работы, и от вылета стрелы крана; ориентировочно они принимаются на 5 м больше вылета стрелы. На стройгенплане показываются пути движения рабочих и проходы в здания через зону, оборудованные защитными настилами.

Библиографический список

1. ҚМҚ 2.01.01-94 Климатические и физико-геологические данные для проектирования
2. ҚМҚ 2.01.07-96 Нагрузки и воздействия
3. ҚМҚ 2.01.03-96 Строительство в сейсмических районах
4. СНиП 2.09.02-85* Производственные здания
5. СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий
7. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений
8. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
9. Архитектура промышленных зданий и сооружений: Справ. проектировщика / Под ред. Н.Н. Кима. - М.: Стройиздат, 1990 г. 440 с.
10. Трепененков Р.И. Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий - М: Стройиздат, 1980. – 284 с.
11. Щипачева Е.В. Проектирование промышленных зданий и сооружений – Ташкент, ТашИИТ, 2013. – 207 с.
12. Щипачева Е.В. Общественные здания из крупных элементов заводского изготовления/ Метод. пособие – Т.: ТашИИТ, 2001. – 48 с.
13. Щипачева Е.В., Саркисян Т.А. Проектирование генеральных планов гражданских и промышленных зданий/ Уч. пособие – Ташкент: «Fan va technology», 2007. – 196 с.
14. КМК 2.03.01-96 «Бетонные и железобетонные конструкции» 1997г
15. Байков В.И., Сигалов Э.Е., Железобетонные конструкции М.: стройиздат 1991г.
16. Мандриков А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций, М. 1989г.
17. Николаев И.И. Проектирование железобетонных конструкций для строительства в сейсмических районах , Ташкент 1990г
18. Возведение одноэтажных промышленных зданий унифицированных габаритных схем ЦНИИОМТП-М стройиздат, 1978 г
19. Машины для монтажных работ и вертикального транспорта. Москва стройиздат 1987 г.
20. Полоков В.И., Полоский М.Д. Машины грузоподъемные для строительства монтажных работ справочное пособие по строительству. Строймаш. Москва. Госстрой 2001г.
21. Мосопов Б.С., Курбатов В.Л. Технология возведения зданий и сооружений учебник Москва 2004 г.
22. Гаевой А.Ф., Усик С.А. Курсовое дипломное проектирование. Промышленные и гражданские здания. Москва 1987г.