

Оглавление

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Общие данные..... | 9 |
| 2. | Инженерно-геологические условия площадки строительства | 11 |
| 3. | Конструктивные решения..... | 13 |
| 3.1. | Определение геометрических параметров конструкций | 13 |
| 3.2. | Геометрические характеристики реконструируемого здания..... | 13 |
| 3.3. | Несущая система реконструируемого здания | 13 |
| 3.4. | Несущая система мансардного этажа | 15 |
| 4. | Расчёт моделей в ПК SCAD..... | 17 |
| 4.1. | Описание расчётной модели | 17 |
| 4.2. | Граничные условия..... | 21 |
| 4.3. | Нагрузки и воздействия..... | 21 |
| 4.4. | Комбинации нагрузок и расчетные сочетания..... | 23 |
| 4.5. | Выводы. Основные результаты расчёта | 25 |
| 4.6. | Результаты проверки элементов стальных конструкций..... | 31 |
| 5. | Расчёт плиты перекрытия по проф. настилу..... | 33 |
| 5.1. | Описание расчётной модели | 33 |
| 5.2. | Граничные условия..... | 33 |
| 5.3. | Нагрузки и воздействия..... | 34 |
| 5.4. | Комбинации нагрузок и расчетные сочетания..... | 35 |
| 5.5. | Выводы. Основные результаты расчёта | 36 |
| 6. | Приложения..... | 38 |
| П.1 | Протокол выполнения расчета..... | 39 |
| П.2 | Сбор нагрузок | 42 |
| П.3 | Перемещения и деформации..... | 52 |
| П.4 | Проверка элементов стальных конструкций | 54 |
| П.5 | Результаты расчета плиты по проф. настилу..... | 76 |

| | | | | | |
|------------------------|---------------|-------------|------------------------------|----------------|---------------|
| РПЗ | | | | | |
| Санкт-Петербург | | | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Кол.уч</i> | <i>Лист</i> | <i>№</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |
| <i>Ген.директор</i> | | | Мансарда | | |
| <i>ГИП</i> | | | | | |
| <i>Разработал</i> | | | | | |
| <i>Проверил</i> | | | | | |
| <i>Н.контроль</i> | | | Пояснительная записка | | |
| | | | | | |
| | | | <i>Стадия</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| | | | ПД | 7 | |
| | | | YOUR-GOAL.RU | | |

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| | | | | | |

YOUR-GOAL.RU

Лист

8

1. Общие данные

1. Настоящий раздел проекта разработан на основании:

- Задания на проектирование, утвержденное Заказчиком;
- Технического заключения по результатам обследования строительных конструкций здания;
- Чертежей марки «АР».

2. Принятые в проекте конструктивные решения обеспечивают конструктивную надежность сооружения, пожаробезопасность в соответствии с:

- СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07 - 85 «Нагрузки и воздействия. Общие положения»;
- СП 14.13330.2011 «СНиП II-23-81 «Стальные конструкции. Нормы проектирования»;
- СП 53-102-2004 «Общие правила проектирования стальных конструкций»;
- СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»;
- СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры»;
- СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий»;
- СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений»;
- СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений»;
- СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий»;
- СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии»;
- СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии»;
- СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции»;
- СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;
- ФЗ №123-ФЗ от 22.07.2008г «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

YOUR-GOAL.RU

Лист

9

2. Инженерно-геологические условия площадки строительства

Инженерно-геологические изыскания выполнены в рамках обследования строительных конструкций здания.

Физико-географическое описание

Реконструируемое здание многоквартирного жилого дома с устройством мансарды в жилой зоне по адресу: Санкт-Петербург и ограничен:

- с севера - существующей дворовой застройкой
- с востока - существующей дворовой застройкой
- с юга - красной линией застройки
- с запада - красной линией застройки

Климат

Климат данной территории переходный от морского к континентальному, с умеренным температурным режимом, с высоким влагосодержанием воздуха, повышенной облачностью, избыточным увлажнением. По данным многолетних наблюдений средняя годовая температура воздуха составляет + 3,6 градуса, самый холодный месяц - февраль, самый теплый - июль.

Среднегодовое количество осадков в районе составляет 694 мм. В годовом ходе осадков максимум наблюдается в августе, минимум - в марте. Наибольшее количество осадков 70 % выпадает в теплый период.

На рассматриваемой территории, вследствие особенностей циркуляционных процессов, зима хотя и мягкая, но довольно продолжительная. Средняя толщина снежного покрова к концу зимы достигает 33 см, максимальная - 61 см. Среднее число дней со снежным покровом 138, средняя дата образования устойчивого снежного покрова - 6 декабря, средняя дата разрушения снежного покрова - 2 апреля.

Физико-механические свойства грунтов

Грунты в основании дутовых фундаментов здания характеризуется следующими физико-механическими характеристиками:

- плотность $\gamma = 1,5 \text{ т/м}^3$
- сопротивление сдвигу $\phi = 13^\circ$, $C_n = 0,07 \text{ кг/см}^2$. Деформационные и прочностные значения характеристик грунта основания вполне удовлетворительны и позволяют спроектировать фундаменты зданий без мероприятий по усилению основания.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Гидрогеологические условия

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые, солоноватые с минерализацией до 1,3 г/л.

По отношению к бетону марки W4 по водопроницаемости являются слабоагрессивными по pH.

Коррозионная агрессивность грунтовых вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля средняя, к алюминиевой оболочке кабеля средняя. Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали высокая.

YOUR-GOAL.RU

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| | | | | | |

3. Конструктивные решения

3.1. Определение геометрических параметров конструкций

Геометрические параметры конструкций определены на основании следующих документов:

- Задания на проектирование, утвержденное Заказчиком;
- Технического заключения по результатам обследования строительных конструкций здания;
- Чертежей марки «АР».

Определяющими факторами при назначении геометрических параметров конструкций послужили результаты предварительных расчетов, а также конструктивные и технологические соображения.

3.2. Геометрические характеристики реконструируемого здания

Реконструируемое здание, размерами в плане 65,3м x 29,63м, имеет семь надземных и подвальный этажи, внутри двора расположен трехэтажный флигель без подвала. Средняя высота этажа – 3,4м.

3.3. Несущая система реконструируемого здания

За относительную отметку 0,000 принят уровень земли внутри дворовой территории. Относительная отметка подошвы ленточного фундамента составляет –2,400.

На основании технического заключения по обследованию, которое было с целью определения технического состояния строительных конструкций здания, установлено следующее:

1. Конструктивная схема здания – двухпролётная, с продольными и поперечными несущими кирпичными стенами. Общая пространственная жёсткость строения обеспечивается совместной работой продольных и поперечных стен и перекрытий.

2. Фундаменты под стенами здания ленточные блочные, шириной подошвы 1,9м. Заглубление подошвы фундамента относительно пола подвала составляет 600 мм, а относительно поверхности тротуара около 2400 мм. Кладка фундамента выполнена из известнякового бута. Горизонтальной гидроизоляции на обрезах фундамента не обнаружено. Зондированием кладки фундамента определено её

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

удовлетворительное состояние. При визуальном осмотре стен и бóтовой кладки фундаментов в доступных местах со стороны подвала, признаков повреждений и значительных неравномерных осадок фундаментов не выявлено.

3. Стены выполнены из кирпича толщиной 1,03м, покрытие – оштукатуривание. Кладка стен выполнена из обыкновенного полнотелого глиняного красного кирпича на известковом растворе по цепной системе перевязки.

4. Перекрытия в здании смешанного типа – по металлическим балкам с монолитным и сборным бетонным и деревянным заполнением, по деревянным балкам и по железобетонным настилам.

5. Перекрытие над подвалом выполнено по металлическим балкам из двутавров с монолитным бетонным заполнением. Междуэтажные перекрытия устроены по металлическим балкам с дощатым заполнением.

6. Чердачное перекрытие большей площади здания заменено в середине XX века и выполнено в пролёте со стороны ул. Рылеева по сборным железобетонным корытным настилам с верхним расположением рёбер. В качестве утеплителя использована засыпка котельным шлаком слоем толщиной 100 мм по простильному полу из досок толщиной 40 мм. Частично засыпка шлаком уложена и в самих настилах. В остальных пролётах, чердачное перекрытие выполнено по металлическим балкам из двутавров № 24, уложенным с шагом 1100 мм со сборным железобетонным заполнением из мелкогазопенобетонных плит. По геометрическим характеристикам балки отнесены к сортаменту ГОСТ 8239–56. Засыпка шлаком выполнена двумя слоями по 50 мм по верху плит и по простильному полу из досок толщиной 40 или 60 мм.

7. Чердачное перекрытие трёхэтажного флигеля и отдельные участки перекрытий семиэтажного флигеля выполнены по металлическим балкам из двутавров № 18, уложенным с шагом 1000–1100 мм с дощатым заполнением.

8. Дефектов и повреждений перекрытия чердачного помещения не выявлено.

9. В здании имеется пять лестничных клеток, имеющих одинаковое принципиальное конструктивное устройство. Лестницы – сборные ступени по металлическим косоурам. Площадки выполнены по металлическим балкам с бетонным заполнением. Решётки ограждения лестниц металлические.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

- Профилированный лист;
- Прогоны (швеллер), 5П;
- Гидроветрозащита;
- Утеплитель (Rockwool), 150мм;
- Пароизоляция;
- Направляющие под плиты ГКЛ;
- Две плиты ГКЛ (по 12.5мм).

Необходимая прочность, устойчивость, пространственная неизменяемость рамно-связевого каркаса мансардного этажа обеспечивается жесткостью системы прогонов в продольном направлении, балочной рамой – в поперечном. Балочные рамы имеют следующие граничные условия: в плоскости рамы – жесткая заделка, из плоскости – шарнирная

Устойчивость покрытия создает жесткий диск покрытия – система прогонов и несущий профилированный лист по прогонам.

Для обеспечения устойчивости рам при монтаже используются съемные инвентарные распорки, разработанные в проекте производства работ.

1. Арматурная сталь принята проектом согласно главе 5.2 СП 52-101-2003 “Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры” для классов А400 (А-III) (сталь марки 25Г2С, ГОСТ 5781-82* “Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия”), А240 (А-I) (сталь марки СтЗспЗ; СтЗпсЗ).

2. Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры не менее 25 мм. Для обеспечения толщины защитного слоя необходима установка соответствующих фиксаторов, обеспечивающих проектное положение арматуры.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

обозначения X , Y , Z , UX , UY и UZ для обозначения величин соответствующих линейных перемещений и углов поворота.

В соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма поля перемещений внутри элемента (за исключением элементов стержневого типа) приближенно представлена различными упрощенными зависимостями. При этом погрешность в определении напряжений и деформаций имеет порядок $(h/L)^k$, где h – максимальный шаг сетки; L – характерный размер области. Скорость уменьшения ошибки приближенного результата (скорость сходимости) определяется показателем степени k , который имеет разное значение для перемещений и различных компонент внутренних усилий (напряжений).

Расчетная схема

Системы координат

Для задания данных о расчетной схеме могут быть использованы различные системы координат, которые в дальнейшем преобразуются в декартовы. В дальнейшем для описания расчетной схемы используются следующие декартовы системы координат:

1. Глобальная правосторонняя система координат XYZ , связанная с расчетной схемой;
2. Локальные правосторонние системы координат, связанные с каждым конечным элементом.

Тип схемы

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X , Y , Z и поворотами вокруг этих осей.

Количественные характеристики расчетной схемы

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами:

Количество узлов – 7

Количество конечных элементов – 6

Общее количество неизвестных перемещений и поворотов – 15

Количество загрузений – 5

Количество комбинаций загрузений – 1

Выбранный режим статического расчета

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Статический расчет системы выполнен в линейной постановке.

Общий вид расчётной модели см. рис. 4.1

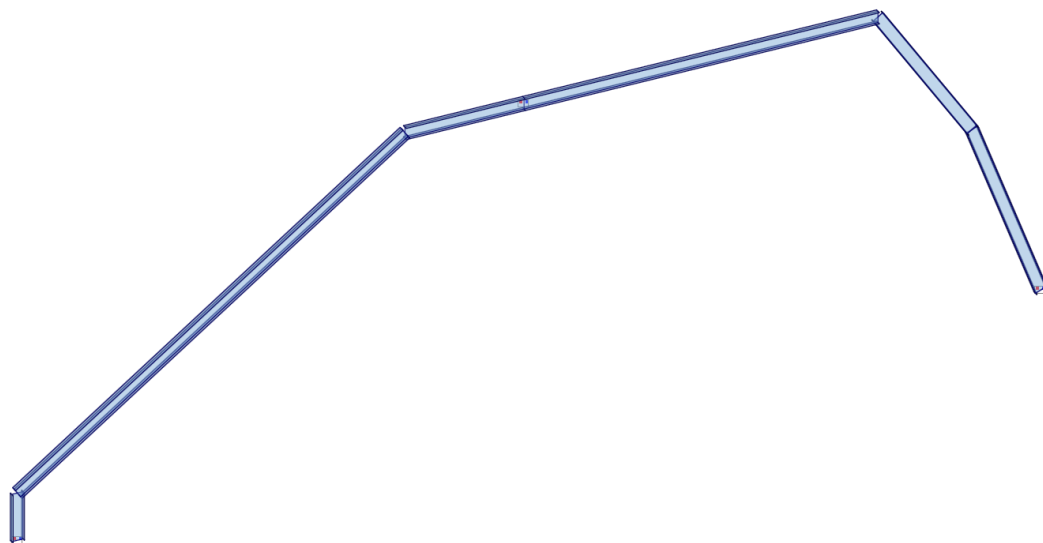


Рис.4.1. Общий вид расчётной модели

Тип конечного элемента, сечение и марка стали для каждой группы элементов расчётной модели представлен в табл. 4.2.

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

| Тип нагрузки | P_n | γ_f | P | $K_{алит}$ | K_1 |
|---|---|------------|---|------------|-------|
| Постоянные: | | | | | |
| • с.в. несущих конструкций | SCAD* | 1,05 | SCAD* | - | 1 |
| • с.в. кровли | 146 кгс/п.м. | 1,2 | 175 кгс/п.м. | - | 1 |
| • с.в. полов | 156 | 1,1 | 172 | - | 1 |
| Временные: | | | | | |
| - длительного действия: | | | | | |
| • с.в. временных перегородок | 50 | 1,3 | 70 | - | 0,95 |
| Временные: | | | | | |
| - кратковременные: | | | | | |
| • Полезная: • мансардный этаж • на покрытие | 150 кгс/кв.м. 100 кгс/п.м. | 1,3 | 195 кгс/кв.м. 130 кгс/п.м. | 0,35 | 0,9 |
| • снеговая: • плоский участок кровли • угол наклона, 35 град. • угол наклона, 55 град. | 252 кгс/п.м. 180 кгс/п.м. 36 кгс/п.м. | 1,429 | 360 кгс/п.м. 260 кгс/п.м. 52 кгс/п.м. | 0,5 | 0,9 |
| • ветровая | рис.1-2 | 1,4 | табл. 3 | 0 | ±0,9 |

примечание: SCAD* – нагрузка определяется программным комплексом автоматически;

где: P_n – нормативное значение нагрузки, кгс/м² (кроме оговоренных);

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

P – расчетное значение нагрузки, кгс/м² (кроме оговоренных);

$K_{алит}$ – коэффициент перехода от полных значений кратковременной нагрузки к пониженным значениям временной нагрузки длительного действия (доля длительности);

K_1 – коэффициенты для комбинации #1, определяющие **расчетные** значения нагрузок с учетом понижающих коэффициентов сочетаний, включающих постоянные и не менее двух временных нагрузок (для расчётов по I группе ПС);

Нагрузка от ветра

Ветровой район – II. Тип местности – С (городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м). Значения представлены в виде графиков (рис. 4.4 и рис 4.5). Усилия

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

прикладываются к балкам фиктивной жесткости в уровне плит перекрытий и покрытия. Значения прикладываемых усилий представлены в табл. 4.4.

Наветренная поверхность (35град.)

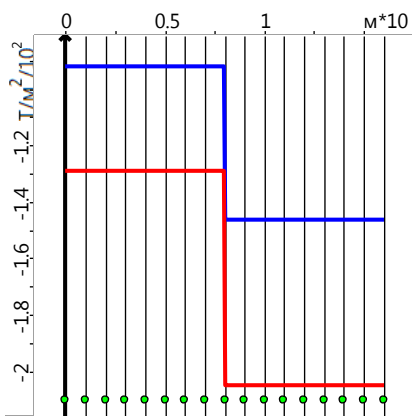
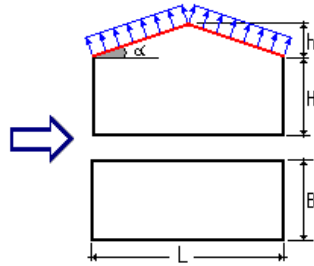


Рис.4.4 Распределение ветрового давления

Подветренная поверхность (55град.)

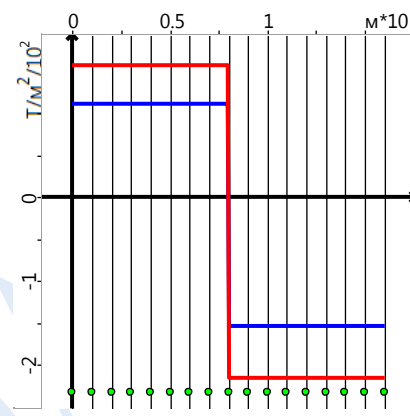
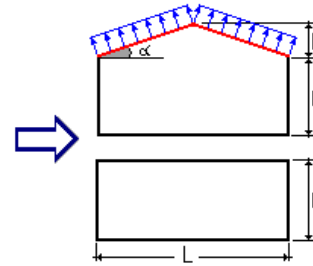


Рис.4.5 Распределение ветрового давления

Таблица 4.4 Нагрузки от ветра

| Высота, м | Наветренная поверхность*, кгс/м² | Подветренная поверхность*, кгс/м² | Высота, м | Наветренная поверхность*, кгс/м | Подветренная поверхность*, кгс/м |
|---------------------|--|---|--------------|---------------------------------------|--|
| С 27,0 до 33,0 м | 25,2 | -42,0 | | | |

примечание: * – значения ветрового давления – расчетные, прикладываются к раме каркаса с учетом ширины грузовой площади $b=2,0$. Значения вычислены с учетом угла наклона кровли (для наветренной поверхности, 35 град.; для подветренной поверхности, 55 град.)

4.4. Комбинации нагрузок и расчетные сочетания

Расчет конструкций и оснований по предельным состояниям первой и второй групп выполнен с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Эти сочетания установлены из анализа реальных вариантов одновременного действия различных нагрузок для рассматриваемой стадии работы конструкции или основания.

В зависимости от учитываемого состава нагрузок согласно СП 20.13330.2011, пункт 6 назначены (табл.4.8):

| | | | | | | | |
|----------------|------|------|-------|---------|------|--------------|------------|
| Взам. | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Подпись и дата | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Инв. № подл. | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата | YOUR-GOAL.RU | Лист 23 |
| | | | | | | | |

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных;

Наименование нагрузок, комбинации нагрузок, сводную ведомость нагрузок смотреть таблицу 4.5.-4.6. При задании расчетных сочетаний были учтены взаимоисключение нагрузок (ветровых), знакопеременность (ветровых).

Табл. 4.5 Имена загрузений

| Имена загрузений | |
|------------------|---------------------|
| Номер | Наименование |
| 1 | Собственный вес |
| 2 | С.в. кровли |
| 3 | Полезная (покрытие) |
| 4 | Снеговая нагрузка |
| 5 | Ветровая нагрузка |

Табл.4.6 Комбинации загрузений

| Комбинации загрузений | |
|-----------------------|--|
| Номер | Формула |
| 1 | $(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*0.9$ |

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Усилия и напряжения

Для стержневых элементов усилия по умолчанию выводятся в концевых сечениях упругой части (начальном и конечном) и в центре упругой части, а при наличии запроса пользователя и в промежуточных сечениях по длине упругой части стержня. Для пластинчатых, объемных, осесимметричных и оболочечных элементов напряжения выводятся в центре тяжести элемента и при наличии запроса пользователя в узлах элемента.

Правило знаков для усилий (напряжений)

Правила знаков для усилий (напряжений) приняты следующими:

Для стержневых элементов возможно наличие следующих усилий:

N – продольная сила;

M – крутящий момент;

M_Y – изгибающий момент с вектором вдоль оси Y_1 ;

Q_Z – перерезывающая сила в направлении оси Z_1 соответствующая моменту M_Y ;

M_Z – изгибающий момент относительно оси Z_1 ;

Q_Y – перерезывающая сила в направлении оси Y_1 соответствующая моменту M_Z ;

R_Z – опор упругого основания.

Положительные направления усилий в стержнях приняты следующими:

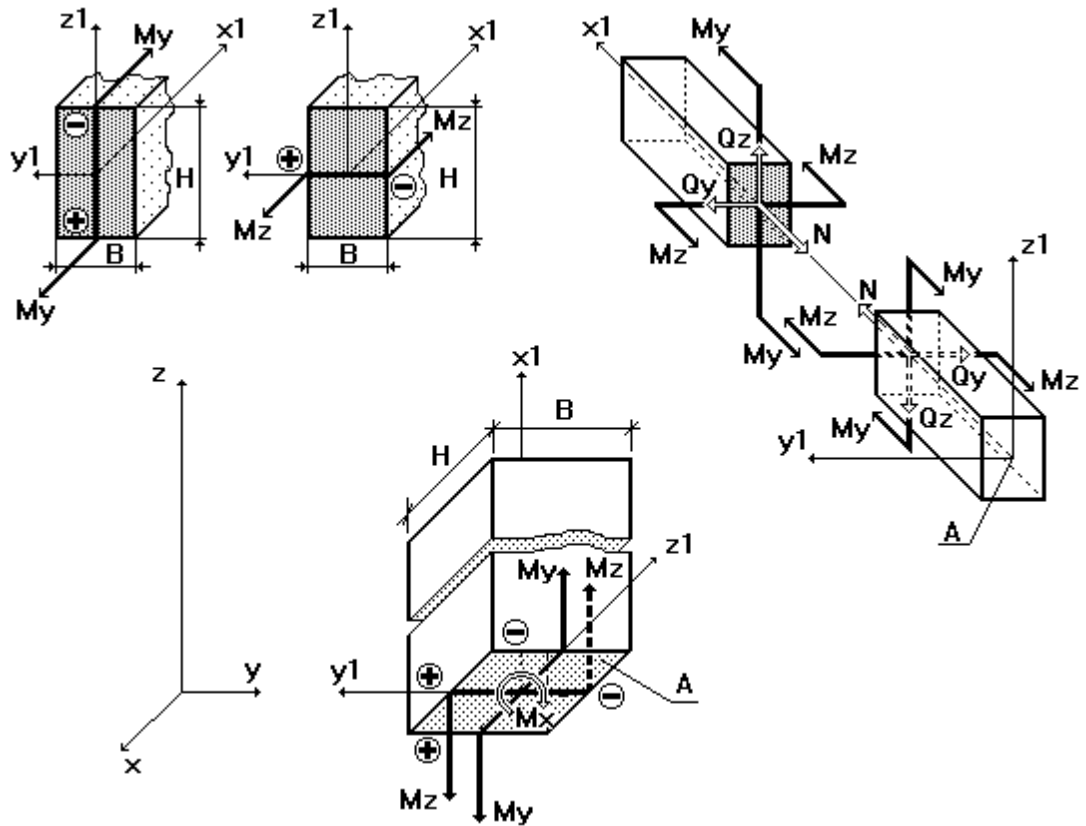
для перерезывающих сил Q_Z и Q_Y – по направлениям соответствующих осей Z_1 и Y_1 ;

для моментов M_X , M_Y , M_Z – против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси X_1 , Y_1 , Z_1 ;

положительная продольная сила N всегда растягивает стержень.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|-----|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Код | Лист | № док | Подпись | Дата |



На рисунке показаны положительные направления внутренних усилий и моментов в сечении горизонтальных и наклонных (а), а также вертикальных (б) стержней.

Знаком "+" (плюс) помечены растянутые, а знаком "-" (минус) – сжатые волокна поперечного сечения от воздействия положительных моментов M_y и M_z .

Максимальное значение продольного усилия N в базе:

- 1) Рамы каркаса составляет 3,8 тс;

| | | | | | | | |
|--------------|----------------|-------|-------|---------|------|--------------|------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. | | | | | Лист |
| | | | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата | YOUR-GOAL.RU | |

Суммарные значения приложенных нагрузок по нагружениям

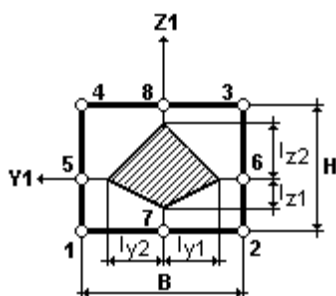
В протоколе решения задачи для каждого из нагружений указываются значения суммарной узловой нагрузки, действующей на систему.

Расчетные сочетания усилий

Вычисление расчетных сочетаний усилий производится на основании критериев, характерных для соответствующих типов конечных элементов – стержней, плит, оболочек, массивных тел. В качестве таких критериев приняты экстремальные значения напряжений в характерных точках поперечного сечения элемента. При расчете учитываются требования нормативных документов и логические связи между нагружениями.

Основой выбора невыгодных расчетных сочетаний усилий служит принцип суперпозиции. Из всех возможных сочетаний, отбираются те РСУ, которые соответствуют максимальному значению некоторой величины, избранной в качестве критерия и зависящей от всех компонентов напряженного состояния:

а) для стержней – экстремальные значения нормальных и касательных напряжений в контрольных точках сечения, которые показаны на рисунке



б) для элементов, находящихся в плоском напряженном состоянии – по огибающим экстремальным кривым нормальных и касательных напряжений по формулам:

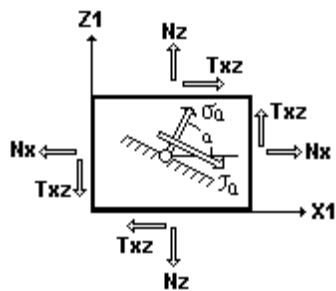
$$\sigma(\alpha) = N_x \cdot \cos^2 \alpha + N_z \cdot \sin^2 \alpha + T_{xz} \cdot \sin 2\alpha ;$$

$$\tau(\alpha) = \frac{1}{2} (N_z - N_x) \cdot \sin 2\alpha + T_{xz} \cdot \cos 2\alpha .$$

Обозначения приведены на рисунке. Нормальные напряжения вычисляются в диапазоне изменения углов от 90° до -90° , а касательные от 90° до 0° . Шаг изменения углов 15° .

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |



в) для плит применяется аналогичный подход – расчетные формулы приобретают вид:

$$M(\alpha) = M_x \cdot \cos^2 \alpha + M_y \cdot \sin^2 \alpha + M_{xy} \cdot \sin 2\alpha ;$$

$$M_k(\alpha) = \frac{1}{2} (M_y - M_x) \cdot \sin 2\alpha + M_{xy} \cdot \cos 2\alpha .$$

Кроме того, определяются экстремальные значения перерезывающих сил.

г) для оболочек также применяется аналогичный подход, но вычисляются напряжения на верхней и нижней поверхностях оболочки с учетом мембранных напряжений и изгибающих усилий.

д) для объемных элементов критерием для определения опасных сочетаний напряжений приняты экстремальные значения среднего напряжения (гидростатического давления) и главных напряжений девиатора.

Анализ устойчивости

Задача устойчивости решается в классической постановке для упругой системы и в предположении, что все приложенные к системе внешние нагрузки (следовательно, и внутренние силы) растут пропорционально одному и тому же параметру. То значение параметра, при котором матрица жесткости системы $A(\lambda)$ впервые перестает быть положительно определенной, является критическим, а соответствующее значение $\lambda_{кр}$ – коэффициентом запаса устойчивости. Положительная определенность матрицы жесткости означает, что при любых значениях узловых перемещений и поворотов потенциальная энергия системы положительна, и для деформирования системы необходимо затратить энергию. В этом случае система в целом оказывает сопротивление деформированию (является отпорной). Если же система теряет устойчивость, она теряет отпорность и ее матрица жесткости становится вырожденной (с нулевым детерминантом).

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Кoeffициенты запаса устойчивости системы

Значения коэффициентов запаса устойчивости при комбинациях загружений представлены в таблице результатов расчета «Кoeffициенты запаса устойчивости от комбинаций».

При этом решается задача определения минимального α , при котором происходит вырождение матрицы жесткости.

Поиск коэффициента запаса устойчивости проводился в интервале $[0, 10.0]$, где 10,0 – оценка верхней границы интервала поиска коэффициента запаса устойчивости, которое задано в исходных данных. Если коэффициент запаса устойчивости системы больше указанной верхней границы, то он не вычисляется.

При составлении матрицы устойчивости для каждого конечного элемента (способного, в принципе, терять устойчивость) вычисляется значение $\alpha_{кр}$, которое приводит к потере устойчивости самого элемента в форме, когда все узлы, к которым этот элемент примыкает, остаются неподвижными. Номер элемента, на котором достигается $\min \alpha_{кр}$ сообщается в протоколе.

Кoeffициенты запаса устойчивости для комбинаций загружений

Верхняя граница поиска – 10,0000

| Кoeffициенты запаса устойчивости для комбинаций загружений | | |
|--|----------------------------------|------------------------------|
| Номер | Наименование загрузки/комбинации | Значение |
| 1 | | Кoeffициент запаса > 10.0000 |

Выводы: Минимальный коэффициент запаса устойчивости конструкции каркаса мансарды по комбинации загружений №1 не ниже минимального значения равного 1,8.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

4.6. Результаты проверки элементов стальных конструкций

Расчет и проверка элементов стальных конструкций выполнен в программном вычислительном комплексе SCAD Office 11.5 согласно требованиям СНиП II-23-81*. Результаты по проверке элементов стальных конструкций представлены в Приложении 4.

В стержнях фермы возникают только осевые усилия, поэтому расчет сводится к подбору сечения центральнорастянутого или центральносжатого элемента.

Колонны производственных зданий работают на сжатие с изгибом, они могут потерять несущую способность в результате потери устойчивости раньше, чем будет исчерпана несущая способность по прочности. Поэтому стержень сжато-изогнутый (внецентренносжатой) колонны должен быть проверен на общую устойчивость на совместное действие момента M_{\max} в плоскости действия (и из плоскости) и продольной сжимающей силы в том же сечении.

Сплошные стержни проверяются в соответствии со СНиП II-23-81* по:

- прочности при действии продольной силы N – п. 5.1;
- устойчивости при сжатии в плоскости XoZ и XoY – п. 5.3;
- прочности при действии изгибающего момента M_y или M_z – п. 5.12;
- прочности при действии поперечной силы Q_y или Q_z – пп. 5.12, 5.18;
- устойчивости в плоскости изгиба (XoZ или XoY) при внецентренном сжатии – п. 5.27;
- устойчивости из плоскости изгиба (XoZ или XoY) при внецентренном сжатии – пп. 5.30–5.32;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии момента M_y , когда плоскость XoZ определена как силовая – п. 5.15;
- чрезмерным деформациям растянутого волокна – п. 5.28.

Балки проверяются в соответствии со СНиП II-23-81* по:

- прочности при действии изгибающего момента M_y – п. 5.12;
- прочности при действии поперечной силы Q_z – пп. 5.12, 5.18;
- устойчивости плоской формы изгиба при действии момента M_y – п. 5.15;
- устойчивости при сжатии с двусосным эксцентриситетом – п. 5.34;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Выводы: согласно результатам проверок сечений стальных конструкций по требованиям по СНиП II-23-81* (Приложение 4) коэф. использования по проверяемым факторам для не превосходит 0,90.

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

5. Расчёт плиты перекрытия по проф. настилу

5.1. Описание расчётной модели

Перекрытия выполнены из монолитных железобетонных плит, выполненных по стальному профилированному листу СКН50-600-0,7, используемому в качестве несъемной опалубки. Толщина перекрытия 110 мм. Принят бетон класса В25, W4, F100. Перекрытия выполнены по верхним поясам металлических балок. Общий вид расчётной схемы см. рис. 5.1.

Расчет производится в программе NormCAD 7.1 согласно требованиям.

Тип расчётной схемы – многопролетная неразрезная балка

Геометрические размеры:

Проф. настил СКН50-600-0,7

Толщина плиты совместно с проф. настилом – 110 мм.

Класс бетона по прочности – В25, W4, F100

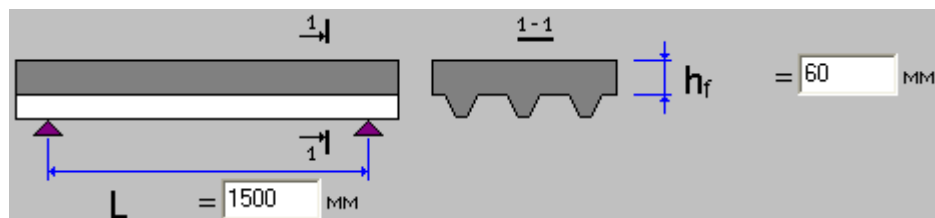


Рис.5.1. Общий вид расчётной модели

5.2. Граничные условия

Плита перекрытия рассчитывается как многопролетная неразрезная балка с опиранием на металлические балки с шагом 1,5 м. Опирание: ширина прогона $a = 200$ мм;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

5.3. Нагрузки и воздействия

Нагрузки и воздействия на здание определены согласно СП 20 13330 2011 «СНиП 2.01.07 – 85 «Нагрузки и воздействия Общие положения». Значения принятых нагрузок и коэффициентов представлены в табл. 5.2. Сбор нагрузок приведен в Приложении 2.

Табл. 5.2. Нагрузки и воздействия

| Тип нагрузки | P_n | γ_f | P | $K_{алит}$ | K_1 |
|---|-------|------------|-------|------------|-------|
| Постоянные: | | | | | |
| • с.в. монолитной ж.б. плиты по профнастилу | SCAD* | 1,05 | SCAD* | - | 1 |
| • с.в. полов | 250 | 1,1 | 275 | - | 1 |
| Временные: | | | | | |
| - длительного действия: | | | | | |
| • с.в. временных перегородок | 50 | 1,3 | 70 | - | 0,95 |
| Временные: | | | | | |
| - кратковременные: | | | | | |
| • полезная | 150 | 1,3 | 195 | 0,35 | 0,9 |

примечание: SCAD* – нагрузка определяется программным комплексом автоматически;

** – значение давления грунта на стены подвала определено для грунта обратной засыпки (песка средней крупности с уплотнением до $K = 0,95$, $\phi_f = 32^\circ$, $c_f = 0$).

где: P_n – нормативное значение нагрузки, кгс/м² (кроме оговоренных);

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

P – расчетное значение нагрузки, кгс/м² (кроме оговоренных);

$K_{алит}$ – коэффициент перехода от полных значений кратковременной нагрузки к пониженным значениям временной нагрузки длительного действия (доля длительности);

K_1 – коэффициенты для комбинации #1, определяющие **расчетные** значения нагрузок с учетом понижающих коэффициентов сочетаний, включающих постоянные и не менее двух временных нагрузок (для расчётов по I группе ПС);

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

5.4. Комбинации нагрузок и расчетные сочетания

Расчет конструкций и оснований по предельным состояниям первой и второй групп выполнен с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Эти сочетания установлены из анализа реальных вариантов одновременного действия различных нагрузок для рассматриваемой стадии работы конструкции или основания.

В зависимости от учитываемого состава нагрузок согласно СП 20.13330.2011, пункт 6 назначены (табл.4.8):

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных;

YOUR-GOAL.RU

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

5.5. Выводы. Основные результаты расчёта

Расчет и проверка плиты перекрытия по проф. настилу выполнен в программе NormCAD 7.1 согласно требованиям СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» и в соответствии с Рекомендациями по железобетонным перекрытиям со стальным настилом 1987г: п.п. 3.5;3.11;4.15;4.16;4.17;4.19;4.21;4.23;4.24. Результаты расчета перекрытия по настилу при равномерно-распределенной нагрузке представлены в Приложении 7.

Вывод:

Приняты следующие характеристики плиты перекрытия по проф. настилу:

1. Характеристики настила: Настил СКН50-600-0,7;
2. Толщина перекрытия: 110 мм. Принят бетон класса В25, W4, F100;
3. Продольная арматура: $d = 14$ мм;
4. Расстояния от арматуры до грани бетона:
 - Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения $a = 25$ мм;
 - Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения $a' = 25$ мм;
5. Поперечная арматура:
 - Шаг поперечной арматуры $s = 300$ мм;
 - Диаметр стержня поперечной арматуры $d_{sw} = 6$ мм;
5. Анкеровка:
 - Диаметр вертикального анкера $d = 12$ мм;
 - Расстояние от края плиты до вертикального анкера $a = 60$ мм;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| | | | | | |

YOUR-GOAL.RU

Лист

37

6. Приложения

П.1 Протокол выполнения расчета

П.2 Сбор нагрузок

П.3 Перемещения и деформации. Опорная реакция в базах колонн

П.4 Проверка элементов стальных конструкций

П.5 Результаты расчета плиты по проф. настилу

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Протокол выполнения расчета



| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Вычисление перемещений в основной схеме.

22:04:12

Работа внешних сил

- 1 - 1.48222e-005
- 2 - 0.0018438
- 3 - 0.00051703
- 4 - 0.00637226
- 5 - 0.0001227

22:04:12

Контроль решения для основной схемы.

22:04:12

Вычисление усилий в основной схеме.

22:04:12

Вычисление сочетаний нагрузжений в основной схеме.

22:04:12

Вычисление усилий при комбинации загружений

22:04:12

Вычисление перемещений по сочетаниям нагрузок в основной схеме.

22:04:12

Выбор новых расчетных сочетаний усилий в основной схеме по СП 20.13330.2011

22:04:12

В РСЧ не учитываются комбинации загружений: 1

22:04:12

Подготовка данных многофронтального метода

22:04:12

Использование оперативной памяти: 60 процентов

22:04:12

Высокопроизводительный режим факторизации

22:04:12

Анализ устойчивости системы для комбинации загружений 1.

22:04:12

Наименьший коэффициент запаса местной потери устойчивости обнаружен на конечном элементе номер 2 и равен 39.277618 при нулевых перемещениях и углах поворота всех узлов расчетной схемы.

22:04:12

Коэффициент запаса устойчивости системы больше верхней границы поиска. Его значение не определено.

22:04:13

ЗАДАНИЕ ВЫПОЛНЕНО
Затраченное время : 0.02 мин.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Сбор нагрузок

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Постоянные нагрузки

Собственный вес кровли

| Материал | Распределенная нагрузка (Т/м²) | Объемный вес (Т/м³) | Толщина (м) | Q, Q |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|------|
| H57-750-0,8 | 0,01 | --- | --- | 1,05 |
| Прогон (швеллер) | 0,012 | --- | --- | 1,05 |
| Теплоизоляция Rockwool | --- | 0,16 | 0,15 | 1,2 |
| Пароизоляционная пленка ROCKbagger | 2,е-004 | --- | --- | 1,2 |
| Направляющий профиль | 0,002 | --- | --- | 1,2 |
| ГКЛ | 0,013 | --- | --- | 1,2 |
| ГКЛ | 0,013 | --- | --- | 1,2 |

| | |
|--|------------|
| Расчетное значение (II предельное состояние) | 0,073 Т/м² |
| Расчетное значение (I предельное состояние) | 0,084 Т/м² |

Собственный вес полов

| Материал | Распределенная нагрузка (Т/м²) | Объемный вес (Т/м³) | Толщина (м) | Q, Q |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|------|
| Тяжелый бетон на гравии или щебне | --- | 2,4 | 0,06 | 1,1 |

| | |
|--|------------|
| Расчетное значение (II предельное состояние) | 0,150 Т/м² |
| Расчетное значение (I предельное состояние) | 0,165 Т/м² |

Временные длительные нагрузки

Собственный вес перегородок

Расчет выполнен по нормам проектирования "СП 20.13330.2011"

Для расчета объекта в целом

16. Равномерно распределенные добавочные нагрузки на ригели и плиты перекрытий от веса временных перегородок

Максимальное значение нормативной нагрузки :

| | | |
|---|-----------------------------|---------------------------|
| Полное | 0,05 | Т/м² |
| Коэффициент надежности по нагрузке Q, Q | 1,3 | |
| | Нормативное значение | Расчетное значение |
| Полное | 0,05 Т/м² | 0,065 Т/м² |
| Пониженное | 0 Т/м² | 0 Т/м² |

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|--------------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата | YOUR-GOAL.RU | Лист |
| | | | | | | | 43 |

Кратковременные нагрузки

Полезная нагрузка на перекрытие

Расчет выполнен по нормам проектирования "СП 20.13330.2011"

| Для расчета объекта в целом | | |
|--|--|---|
| 1. Квартыры жилых зданий, спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов, жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц, палаты больниц и санаториев, террасы | | |
| Максимальное значение нормативной нагрузки : | | |
| Полное | 0,15 | Т/м ² |
| Пониженное | 0,03 | Т/м ² |
| Кoeffициент надежности по нагрузке γ_F | | |
| | 1,3 | |
| | Расчетное значение (II предельное состояние) | Расчетное значение (I предельное состояние) |
| Полное | 0,15 Т/м ² | 0,195 Т/м ² |
| Пониженное | 0,03 Т/м ² | 0,039 Т/м ² |

Полезная нагрузка на покрытие

Расчет выполнен по нормам проектирования "СП 20.13330.2011"

| Для расчета объекта в целом | | |
|---|-----------------------|------------------------|
| 9. Покрытия на участках: в) прочих | | |
| Максимальное значение нормативной нагрузки : | | |
| Полное | 0,05 | Т/м ² |
| Кoeffициент надежности по нагрузке γ_F | | |
| | 1,3 | |
| | Нормативное значение | Расчетное значение |
| Полное | 0,05 Т/м ² | 0,065 Т/м ² |
| Пониженное | 0 Т/м ² | 0 Т/м ² |

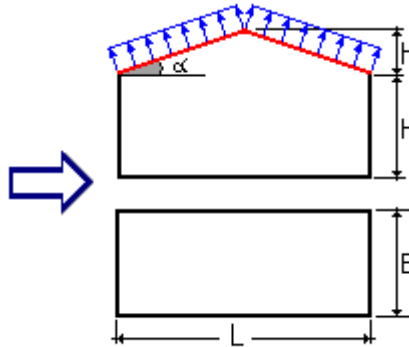
| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

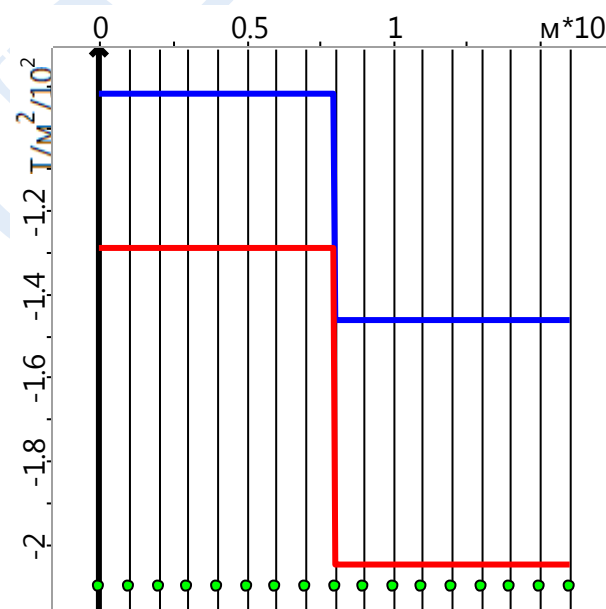
Ветровая нагрузка (наветренная)

Расчет выполнен по нормам проектирования "СНиП 2.01.07-85* с изменением №2"

| Исходные данные | |
|---|---|
| Ветровой район | II |
| Нормативное значение ветрового давления | 0,03 Т/м ² |
| Тип местности | C - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м |
| Тип сооружения | Однопролетные здания без фонарей |



| Параметры | |
|---|---------|
| Поверхность | Кровля |
| Шаг сканирования | 1 м |
| Коэффициент надежности по нагрузке γ_f | 1,4 |
| H | 27 м |
| B | 60 м |
| α | 35 град |
| L | 16 м |



| Расстояние от края кровли (м) | Нормативное значение (Т/м ²) | Расчетное значение (Т/м ²) |
|-------------------------------|--|--|
| 0 | -0,009 | -0,013 |
| 1 | -0,009 | -0,013 |
| 2 | -0,009 | -0,013 |

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|-------|---------|------|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | |
| Изм | Кол | Лист | № док | Подпись | Дата | | | | |

| Расстояние от края кровли (м) | Нормативное значение (Т/м ²) | Расчетное значение (Т/м ²) |
|-------------------------------|--|--|
| 3 | -0,009 | -0,013 |
| 4 | -0,009 | -0,013 |
| 5 | -0,009 | -0,013 |
| 6 | -0,009 | -0,013 |
| 7 | -0,009 | -0,013 |
| 8 | -0,015 | -0,02 |
| 9 | -0,015 | -0,02 |
| 10 | -0,015 | -0,02 |
| 11 | -0,015 | -0,02 |
| 12 | -0,015 | -0,02 |
| 13 | -0,015 | -0,02 |
| 14 | -0,015 | -0,02 |
| 15 | -0,015 | -0,02 |
| 16 | -0,015 | -0,02 |

YOUR-GOAL.RU

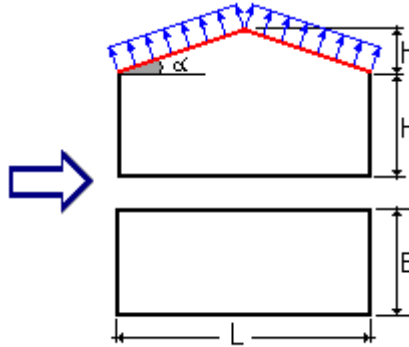
| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

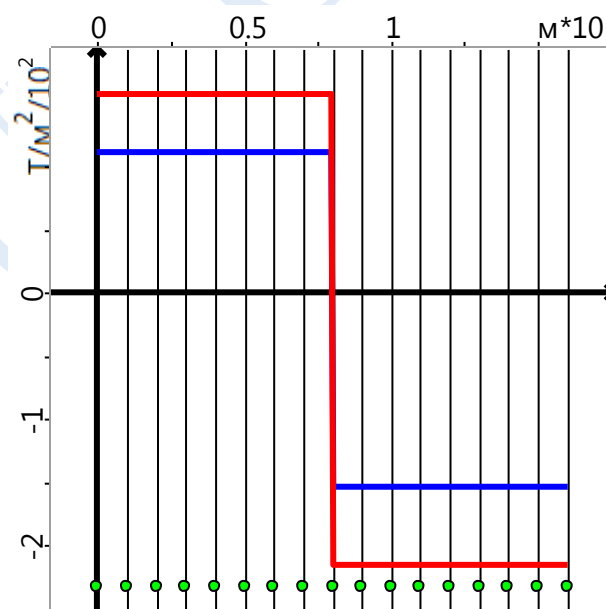
Ветровая нагрузка (подветренная)

Расчет выполнен по нормам проектирования "СНиП 2.01.07-85* с изменением №2"

| Исходные данные | |
|---|---|
| Ветровой район | II |
| Нормативное значение ветрового давления | 0,03 Т/м ² |
| Тип местности | C - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м |
| Тип сооружения | Однопролетные здания без фонарей |



| Параметры | |
|---|---------|
| Поверхность | Кровля |
| Шаг сканирования | 1 м |
| Коэффициент надежности по нагрузке γ_f | 1,4 |
| H | 27 м |
| B | 60 м |
| α | 55 град |
| L | 16 м |



| Расстояние от края кровли (м) | Нормативное значение (Т/м ²) | Расчетное значение (Т/м ²) |
|-------------------------------|--|--|
| 0 | 0,011 | 0,016 |
| 1 | 0,011 | 0,016 |
| 2 | 0,011 | 0,016 |
| 3 | 0,011 | 0,016 |

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

| Расстояние от края кровли (м) | Нормативное значение (Т/м ²) | Расчетное значение (Т/м ²) |
|-------------------------------|--|--|
| 4 | 0,011 | 0,016 |
| 5 | 0,011 | 0,016 |
| 6 | 0,011 | 0,016 |
| 7 | 0,011 | 0,016 |
| 8 | -0,015 | -0,021 |
| 9 | -0,015 | -0,021 |
| 10 | -0,015 | -0,021 |
| 11 | -0,015 | -0,021 |
| 12 | -0,015 | -0,021 |
| 13 | -0,015 | -0,021 |
| 14 | -0,015 | -0,021 |
| 15 | -0,015 | -0,021 |
| 16 | -0,015 | -0,021 |

YOUR-GOAL.RU

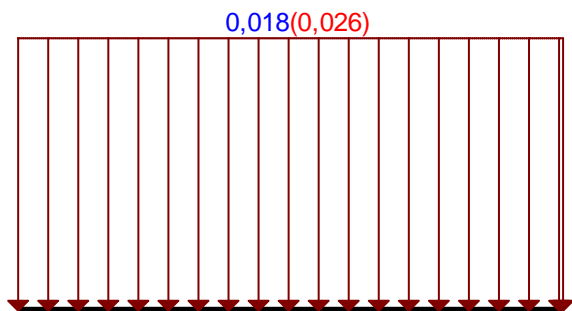
| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|--|--|
| | | | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

Снеговая нагрузка (угол наклона кровли – 55град.)

Расчет выполнен по нормам проектирования "СНиП 2.01.07-85* с изменением №2"

| Параметр | Значение | Единицы измерения |
|---|---|-------------------|
| Местность | | |
| Снеговой район | III | |
| Нормативное значение снеговой нагрузки | 0,126 | Т/м² |
| Тип местности | В – Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м | |
| Средняя скорость ветра зимой | 4 | м/сек |
| Средняя температура января | 0 | °С |
| Здание | | |
| | | |
| Высота здания Н | 30 | м |
| Ширина здания В | 60 | м |
| h | 11,425 | м |
| α | 55 | град |
| L | 16 | м |
| Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением | Нет | |
| Коэффициент надежности по нагрузке γ_f | 1,429 | |



Единицы измерения : Т/м²


- Нормативное значение
- Расчетное значение

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

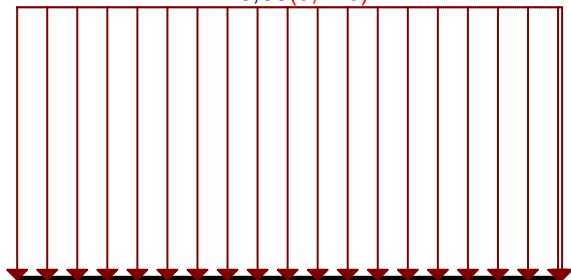
| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Снеговая нагрузка (угол наклона кровли – 35град.)

Расчет выполнен по нормам проектирования "СНиП 2.01.07-85* с изменением №2"

| Параметр | Значение | Единицы измерения |
|---|---|-------------------|
| Местность | | |
| Снеговой район | III | |
| Нормативное значение снеговой нагрузки | 0,126 | Т/м ² |
| Тип местности | В – Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м | |
| Средняя скорость ветра зимой | 4 | м/сек |
| Средняя температура января | 0 | °С |
| Здание | | |
|  | | |
| Высота здания Н | 30 | м |
| Ширина здания В | 60 | м |
| h | 5,602 | м |
| α | 35 | град |
| L | 16 | м |
| Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением | Нет | |
| Коэффициент надежности по нагрузке γ_f | 1,429 | |

0,09(0,129)



Единицы измерения : Т/м²

- Нормативное значение
- Расчетное значение

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Перемещения и деформации

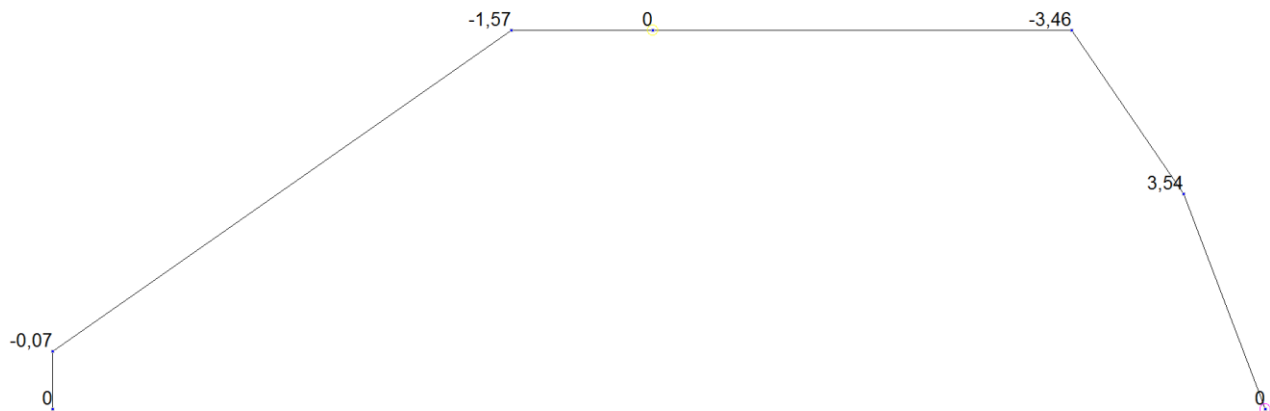
YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

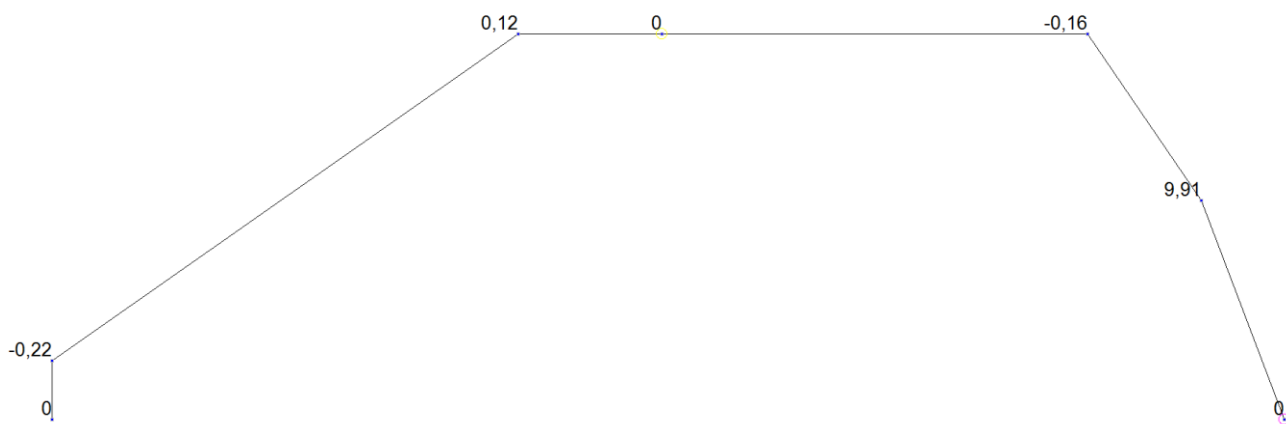
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| | | | | | |

Перемещения по оси Z

Комбинация №1



Перемещение по оси X



YOUR GOAL

| | |
|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Взам. |
| Подпись и дата | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Проверка элементов стальных конструкций

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Проверка элементов стальных конструкций

Расчет по СНиП II-23-81*

Группа Рама P1_1. Элемент №1

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500,0 \text{ Т/м}^2$

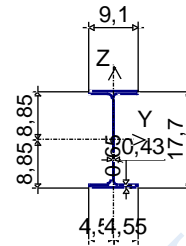
Коэффициент условий работы -- 1,0

Предельная гибкость -- 120,0

Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Y1 -- 1,0

Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Z1 -- 1,0

Длина элемента -- 0,75 м



Сечение

Двутавр нормальный (Б)
по СТО АСЧМ 20-93 18Б1

Проверено по СНиП

Результаты расчета Фактор

Коэффициенты использования :

| | | |
|--------------|--|------|
| п.5.12 | прочность при действии изгибающего момента M_y | 0,66 |
| пп.5.12,5.18 | прочность при действии поперечной силы Q_z | 0,26 |
| пп.5.24,5.25 | прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластичности | 0,74 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Y1 (X1,0,U1) | 0,09 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Z1 (X1,0,V1) | 0,08 |
| п.5.27 | устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | 0,58 |
| пп.5.30-5.32 | устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | 0,69 |
| п.5.15 | устойчивость плоской формы изгиба | 0,66 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Y1 | 0,31 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Z1 | 0,08 |

Коэффициент использования 0,74 – прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластичности

Группа Рама P1_2. Элемент №2

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500,0 \text{ Т/м}^2$

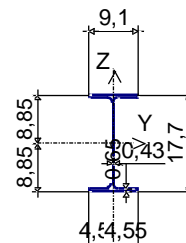
Коэффициент условий работы -- 1,0

Предельная гибкость -- 200,0

Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Y1 -- 0,06

Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Z1 -- 1,0

Длина элемента -- 7,35 м



Сечение

Двутавр нормальный (Б)
по СТО АСЧМ 20-93 18Б1

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

| Проверено по СНиП | Результаты расчета Фактор | Коэффициенты использования : |
|-------------------|--|---------------------------------|
| п.5.12 | прочность при действии изгибающего момента M_y | 0,66 |
| пп.5.12,5.18 | прочность при действии поперечной силы Q_z | 0,16 |
| пп.5.24,5.25 | прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,75 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости $X1,0,Y1$ ($X1,0,U1$) | 0,09 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости $X1,0,Z1$ ($X1,0,V1$) | 0,16 |
| п.5.27 | устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | 0,8 |
| пп.5.30-5.32 | устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | 0,66 |
| п.5.15 | устойчивость плоской формы изгиба | 0,66 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости $X1,0,Y1$ | 0,11 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости $X1,0,Z1$ | 0,5 |

Коэффициент использования 0,8 – устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Группа Рама P1_3. Элемент №3

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500,0 \text{ Т/м}^2$

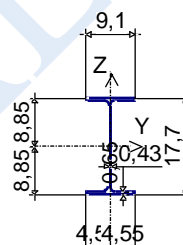
Коэффициент условий работы -- 1,0

Предельная гибкость -- 200,0

Коэффициент расчетной длины в плоскости $X1,Y1$ -- 1,0

Коэффициент расчетной длины в плоскости $X1,Z1$ -- 1,0

Длина элемента -- 1,85 м



Сечение

Двутавр нормальный (Б)
по СТО АСЧМ 20-93 18Б1

| Проверено по СНиП | Результаты расчета Фактор | Коэффициенты использования : |
|-------------------|--|---------------------------------|
| п.5.12 | прочность при действии изгибающего момента M_y | 0,6 |
| пп.5.12,5.18 | прочность при действии поперечной силы Q_z | 0,11 |
| пп.5.24,5.25 | прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,65 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости $X1,0,Y1$ ($X1,0,U1$) | 0,09 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости $X1,0,Z1$ ($X1,0,V1$) | 0,06 |
| п.5.27 | устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | 0,54 |
| пп.5.30-5.32 | устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | 0,69 |
| п.5.15 | устойчивость плоской формы изгиба | 0,63 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости $X1,0,Y1$ | 0,45 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости $X1,0,Z1$ | 0,13 |

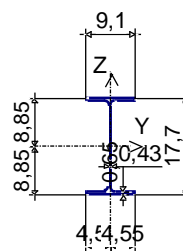
Коэффициент использования 0,69 – устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии

Группа Рама P2_1. Элемент №6

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500,0 \text{ Т/м}^2$
 Коэффициент условий работы -- 1,0
 Предельная гибкость -- 150,0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Y1 -- 0,15
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Z1 -- 1,0
 Длина элемента -- 3,01 м



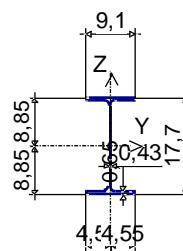
Сечение
 Двутавр нормальный (Б)
 по СТО АСЧМ 20-93 18Б1

| Проверено по СНИП | | Результаты расчета Фактор | Коэффициенты использования : |
|-------------------|--|------------------------------|---------------------------------|
| п.5.12 | прочность при действии изгибающего момента M_y | | 0,3 |
| пп.5.12,5.18 | прочность при действии поперечной силы Q_z | | 0,04 |
| пп.5.24,5.25 | прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | | 0,35 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Y1 (X1,0,U1) | | 0,07 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Z1 (X1,0,V1) | | 0,07 |
| п.5.27 | устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | | 0,3 |
| пп.5.30-5.32 | устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии | | 0,32 |
| п.5.15 | устойчивость плоской формы изгиба | | 0,3 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Y1 | | 0,15 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Z1 | | 0,27 |

Коэффициент использования 0,35 – прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

Группа Рама P2_2. Элемент №5

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500,0 \text{ Т/м}^2$
 Коэффициент условий работы -- 1,0
 Предельная гибкость -- 150,0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Y1 -- 0,17
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Z1 -- 1,0
 Длина элемента -- 2,6 м



Сечение
 Двутавр нормальный (Б)
 по СТО АСЧМ 20-93 18Б1

| Проверено по СНИП | | Результаты расчета Фактор | Коэффициенты использования : |
|-------------------|--|------------------------------|---------------------------------|
| п.5.12 | прочность при действии изгибающего момента M_y | | 0,3 |

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | |
|--------------|--|------|
| пп.5.12,5.18 | прочность при действии поперечной силы Qz | 0,03 |
| пп.5.24,5.25 | прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,35 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Y1 (X1,0,U1) | 0,06 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Z1 (X1,0,V1) | 0,06 |
| п.5.27 | устойчивость в плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии | 0,29 |
| пп.5.30-5.32 | устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии | 0,32 |
| п.5.15 | устойчивость плоской формы изгиба | 0,3 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Y1 | 0,14 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Z1 | 0,24 |

Коэффициент использования 0,35 – прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

Группа Рама P2_3. Элемент №4

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500,0 \text{ Т/м}^2$

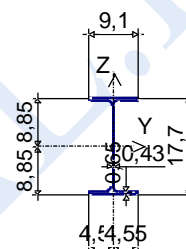
Коэффициент условий работы -- 1,0

Предельная гибкость -- 200,0

Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Y1 -- 0,08

Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Z1 -- 1,0

Длина элемента -- 5,5 м



Сечение

Двутавр нормальный (Б)
по СТО АСЧМ 20-93 18Б1

Проверено по СНИП

Результаты расчета Фактор

Коэффициенты использования :

| | | |
|--------------|--|------|
| п.5.12 | прочность при действии изгибающего момента Mu | 0,6 |
| пп.5.12,5.18 | прочность при действии поперечной силы Qz | 0,21 |
| пп.5.24,5.25 | прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,62 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Y1 (X1,0,U1) | 0,03 |
| п.5.3 | устойчивость при сжатии в плоскости X1,0,Z1 (X1,0,V1) | 0,04 |
| п.5.27 | устойчивость в плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии | 0,44 |
| пп.5.30-5.32 | устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии | 0,62 |
| п.5.15 | устойчивость плоской формы изгиба | 0,6 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Y1 | 0,11 |
| пп.6.15,6.16 | предельная гибкость в плоскости X1,0,Z1 | 0,37 |

Коэффициент использования 0,62 – устойчивость из плоскости действия момента Mu при внецентренном сжатии

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Стойка поддерживающего каркаса К2

Расчет выполнен по СП 16.13330.2011

Общие характеристики

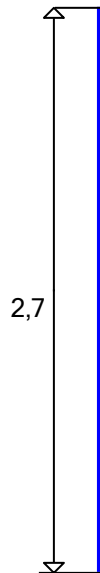
Сталь:

с расчетным сопротивлением по временному сопротивлению $R_y=38735,984 \text{ Т/м}^2$

с расчетным сопротивлением по пределу текучести $R_s=27522,936 \text{ Т/м}^2$

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1

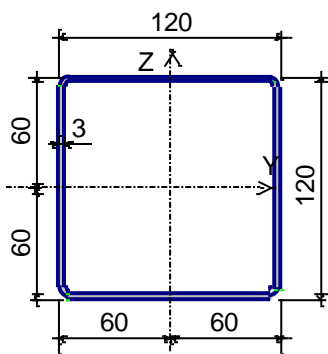


Длина элемента 2,7 м

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 - 60□

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Сечение



Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 120x3

Геометрические характеристики

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

YOUR-GOAL.RU

Лист

59

| | Параметр | Значение | Единицы измерения |
|-------------------|---|----------|-------------------|
| A | Площадь поперечного сечения | 13,81 | см ² |
| A _{v,y} | Условная площадь среза вдоль оси U | 6,082 | см ² |
| A _{v,z} | Условная площадь среза вдоль оси V | 6,082 | см ² |
| ∠∠ | Угол наклона главных осей инерции | -90 | град |
| I _y | Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y | 312,3 | см ⁴ |
| I _z | Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z | 312,3 | см ⁴ |
| I _s | Момент инерции при свободном кручении | 480,484 | см ⁴ |
| I _v | Секториальный момент инерции | 0 | см ⁶ |
| i _y | Радиус инерции относительно оси Y1 | 4,755 | см |
| i _z | Радиус инерции относительно оси Z1 | 4,755 | см |
| W _u | Максимальный момент сопротивления относительно оси U | 52,05 | см ³ |
| W _l | Минимальный момент сопротивления относительно оси U | 52,05 | см ³ |
| W _v | Максимальный момент сопротивления относительно оси V | 52,05 | см ³ |
| W _l | Минимальный момент сопротивления относительно оси V | 52,05 | см ³ |
| W _{pl,u} | Пластический момент сопротивления относительно оси U | 61,614 | см ³ |
| W _{pl,v} | Пластический момент сопротивления относительно оси V | 61,614 | см ³ |
| I _u | Максимальный момент инерции | 312,3 | см ⁴ |
| I _l | Минимальный момент инерции | 312,3 | см ⁴ |
| i _u | Максимальный радиус инерции | 4,755 | см |
| i _l | Минимальный радиус инерции | 4,755 | см |
| a _{u+} | Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) | 3,769 | см |
| a _{u-} | Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) | 3,769 | см |
| a _{v+} | Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) | 3,769 | см |
| a _{v-} | Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) | 3,769 | см |
| P | Периметр | 93,255 | см |
| P _i | Внутренний периметр | 46,285 | см |
| P _e | Внешний периметр | 46,97 | см |



Расчетная длина в плоскости HoY 1

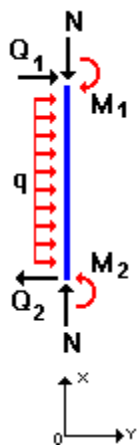


Расчетная длина в плоскости HoZ 1

Нагрузки

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |



Загрузка 1

| | |
|----------------------|-------|
| Тип: постоянное | |
| Учен собственный вес | |
| N | 1,1 Т |
| M_{x1} | 0 Т*м |
| Q_{x1} | 0 Т |
| M_{x2} | 0 Т*м |
| Q_{x2} | 0 Т |
| q_z | 0 Т/м |

| Результаты расчета | | |
|--------------------|---|---------------------------|
| Проверено по СНиП | Проверка | Коэффициент использования |
| п.9.1.1 | Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики | 0,005 |
| п.7.1.3 | Устойчивость при сжатии в плоскости ХоУ (ХоU) | 0,036 |
| п.7.1.3 | Устойчивость при сжатии в плоскости ХоZ (ХоV) | 0,036 |
| п. 9.2.9 | Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях | 0,037 |
| п.7.1.1 | Прочность при центральном сжатии/растяжении | 0,03 |
| п.10.4.1 | Предельная гибкость в плоскости ХоУ | 0,379 |
| п.10.4.1 | Предельная гибкость в плоскости ХоZ | 0,379 |

Коэффициент использования 0,379 - Предельная гибкость в плоскости ХоУ

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Прогон покрытия 5П

Расчет выполнен по СП 16.13330.2011

Общие характеристики

Сталь: С245

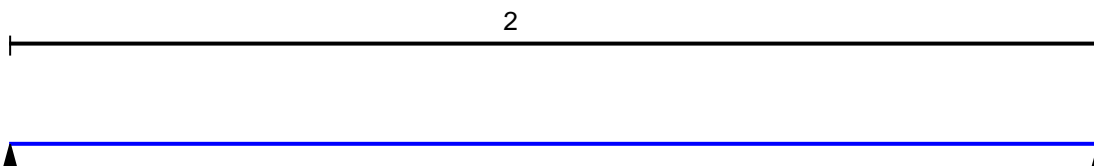
Группа конструкций по приложению В СП 16.13330.2011 Э

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1



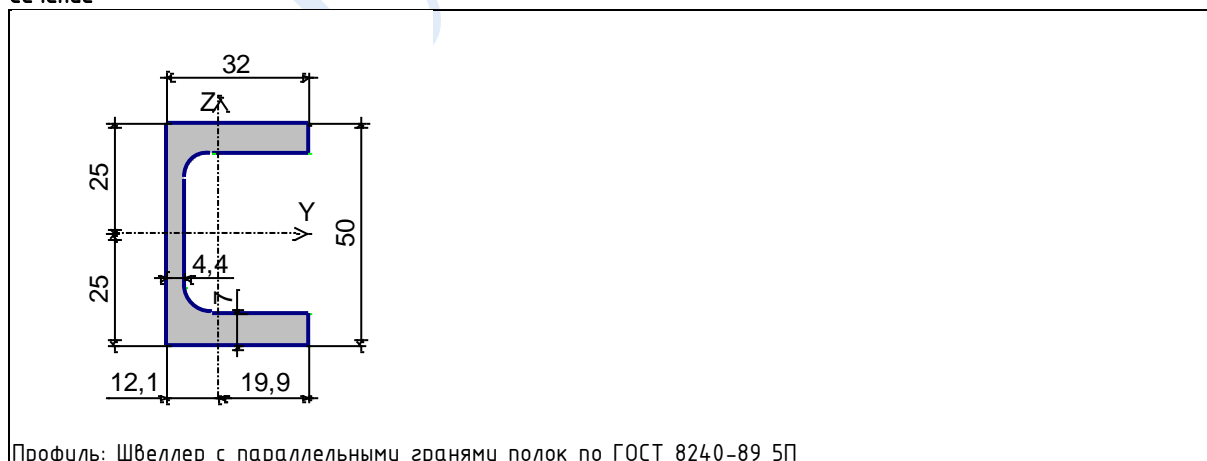
Конструктивное решение



Закрепления от поперечных смещений и поворотов

| | Слева | Справа |
|------------------|------------|------------|
| Смещение вдоль Y | Закреплено | |
| Смещение вдоль Z | Закреплено | Закреплено |
| Поворот вокруг Y | | |
| Поворот вокруг Z | Закреплено | |

Сечение



Геометрические характеристики

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

| | Параметр | Значение | Единицы измерения |
|-------------------|---|----------|-------------------|
| A | Площадь поперечного сечения | 6,16 | см ² |
| A _{v,y} | Условная площадь среза вдоль оси U | 3,005 | см ² |
| A _{v,z} | Условная площадь среза вдоль оси V | 1,814 | см ² |
| ∠ | Угол наклона главных осей инерции | 0 | град |
| I _y | Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y | 22,8 | см ⁴ |
| I _z | Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z | 5,95 | см ⁴ |
| I _s | Момент инерции при свободном кручении | 0,874 | см ⁴ |
| I _w | Секториальный момент инерции | 25,11 | см ⁶ |
| i _y | Радиус инерции относительно оси Y1 | 1,924 | см |
| i _z | Радиус инерции относительно оси Z1 | 0,983 | см |
| Y _s | Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y | 0,966 | см |
| W _{tu} | Максимальный момент сопротивления относительно оси U | 9,12 | см ³ |
| W _{tl} | Минимальный момент сопротивления относительно оси U | 9,12 | см ³ |
| W _{tv} | Максимальный момент сопротивления относительно оси V | 4,917 | см ³ |
| W _{tlv} | Минимальный момент сопротивления относительно оси V | 2,99 | см ³ |
| W _{pl,u} | Пластический момент сопротивления относительно оси U | 11,315 | см ³ |
| W _{pl,v} | Пластический момент сопротивления относительно оси V | 5,378 | см ³ |
| I _{ty} | Максимальный момент инерции | 22,8 | см ⁴ |
| I _{tz} | Минимальный момент инерции | 5,95 | см ⁴ |
| i _{ty} | Максимальный радиус инерции | 1,924 | см |
| i _{tz} | Минимальный радиус инерции | 0,983 | см |
| a _{u+} | Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) | 0,798 | см |
| a _{u-} | Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) | 0,485 | см |
| a _{v+} | Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) | 1,481 | см |
| a _{v-} | Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) | 1,481 | см |
| P | Периметр | 20,52 | см |

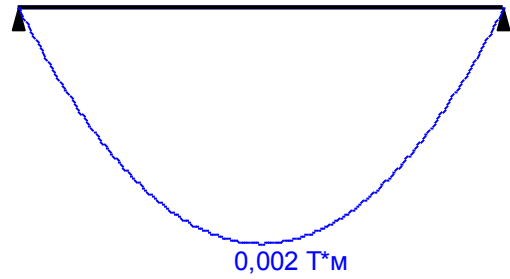
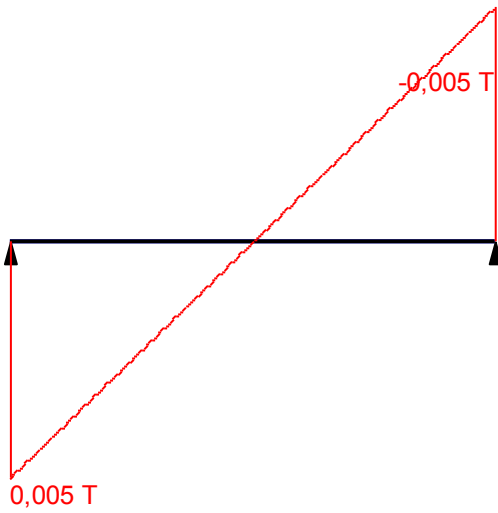
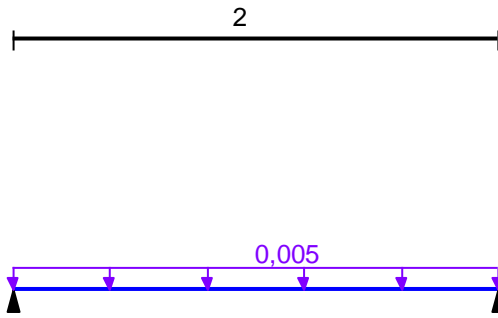
Загружение 1 - постоянное

| | Тип нагрузки | Величина | |
|--|--------------|----------|-----|
| | ↓ | 0,005 | Т/м |

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Загружение 1 - постоянное
 Коэффициент надежности по нагрузке: 1,05
 Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



Загружение 2 - постоянное

| Тип нагрузки | | Величина | |
|--------------|--|----------|-----|
| длина = 2 м | | | |
| | | 0,005 | T/м |

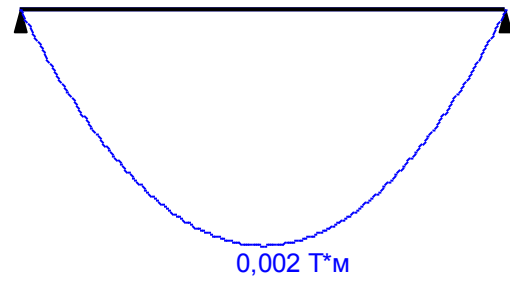
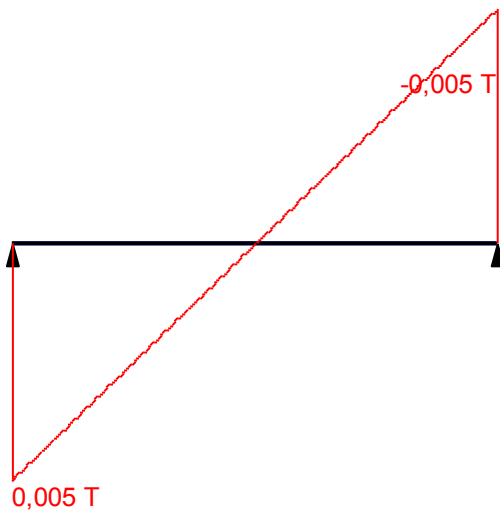
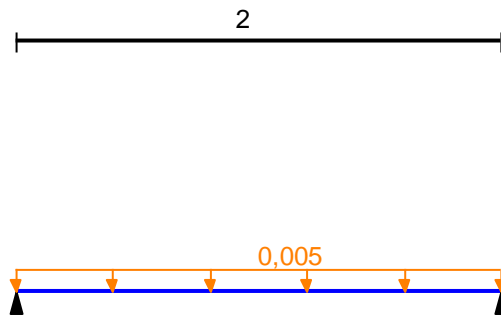
Взам.

Подпись и дата

Инв. № подл.

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Загрузка 2 - постоянное
 Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1
 Пояс, к которому приложена нагрузка: нижний



Загрузка 3 - снеговое

| Тип нагрузки | | Величина | |
|--------------|--|----------|-----|
| длина = 2 м | | | |
| | | 0,065 | T/м |

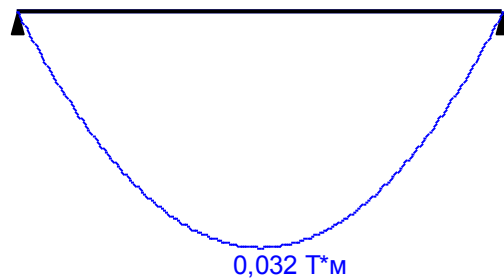
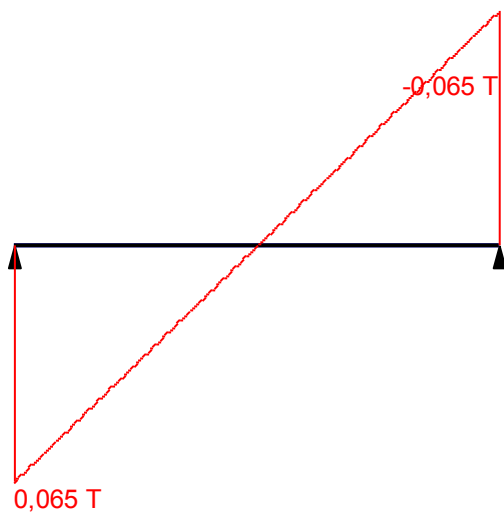
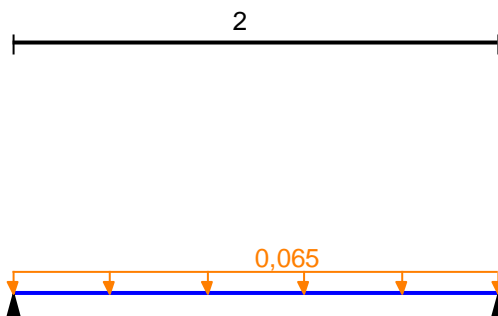
Взам.

Подпись и дата

Инв. № подл.

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Загрузка 3 - снеговое
 Коэффициент надежности по нагрузке: 1,4
 Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



Загрузка 4 - снеговое

| Тип нагрузки | Величина | |
|--------------|----------|-----|
| длина = 2 м | | |
| | 0,103 | T/м |

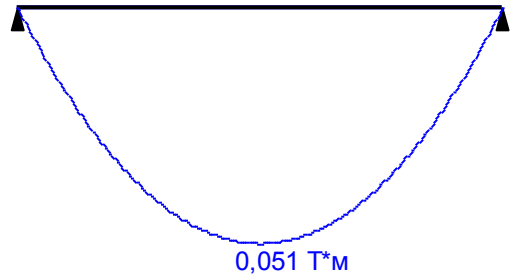
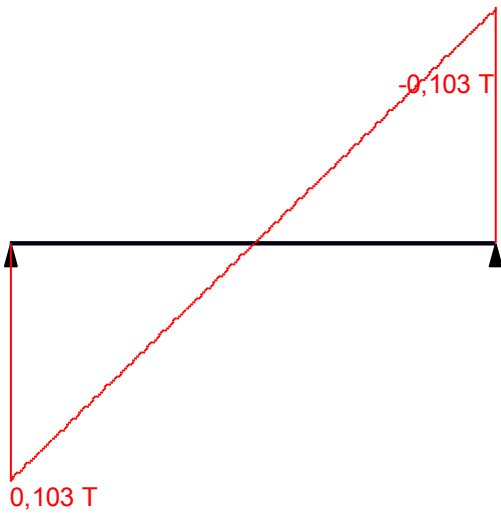
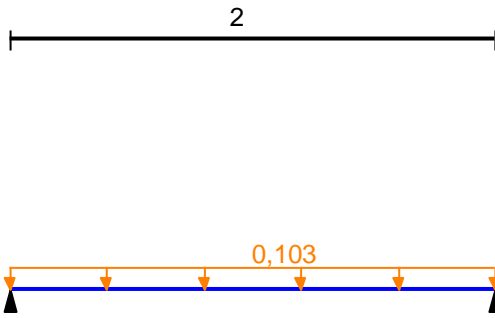
Взам.

Подпись и дата

Инв. № подл.

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

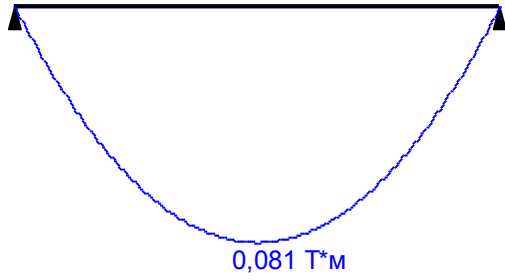
Загружение 4 - снеговое
 Коэффициент надежности по нагрузке: 1,433
 Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



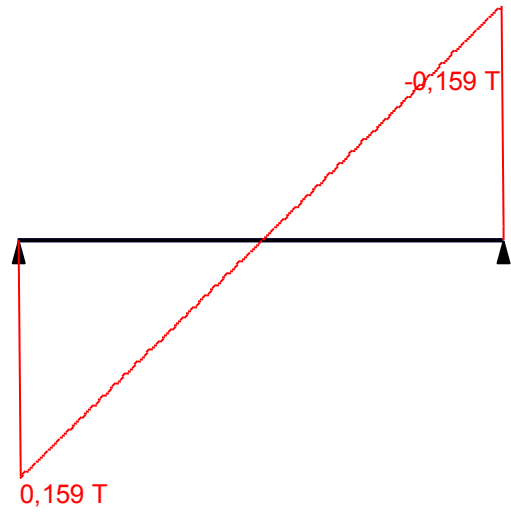
| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Огибающая величин M_{max} по значениям расчетных нагрузок

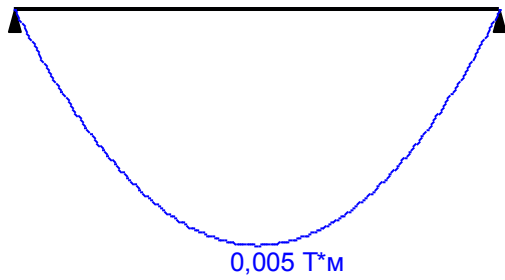


Максимальный изгибающий момент

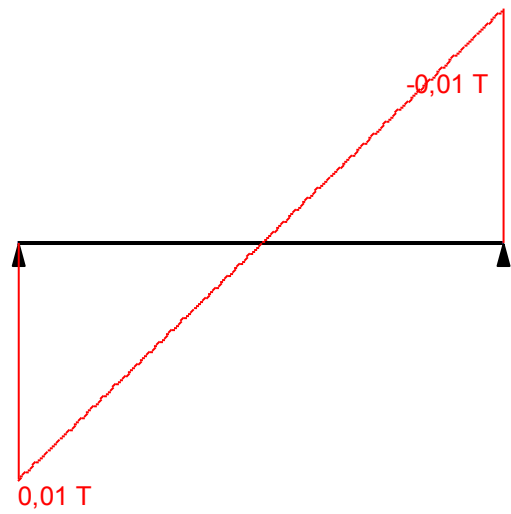


Перерезывающая сила, соответствующая максимальному изгибающему моменту

Огибающая величин M_{min} по значениям расчетных нагрузок



Минимальный изгибающий момент



Перерезывающая сила, соответствующая минимальному изгибающему моменту

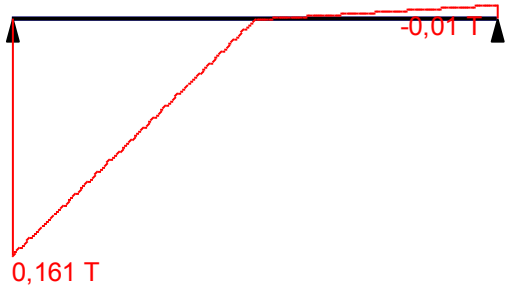
Взам.

Подпись и дата

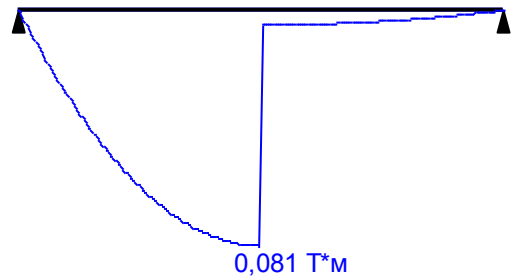
Инв. № подл.

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Изгибающая величин Q_{max} по значениям расчетных нагрузок

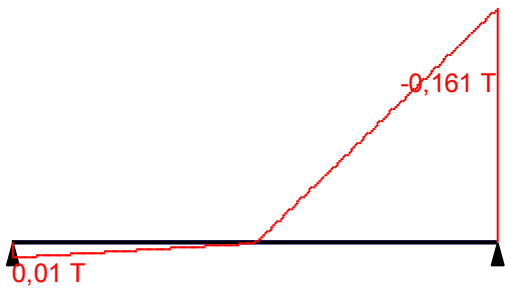


Максимальная перерезывающая сила

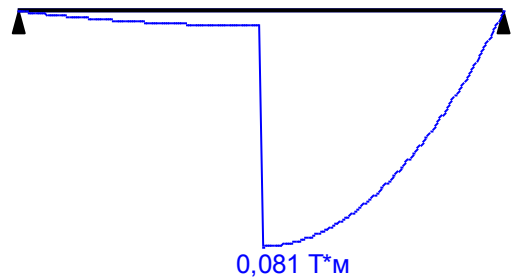


Изгибающий момент, соответствующий максимальной перерезывающей силе

Изгибающая величин Q_{min} по значениям расчетных нагрузок



Минимальная перерезывающая сила



Изгибающий момент, соответствующий минимальной перерезывающей силе

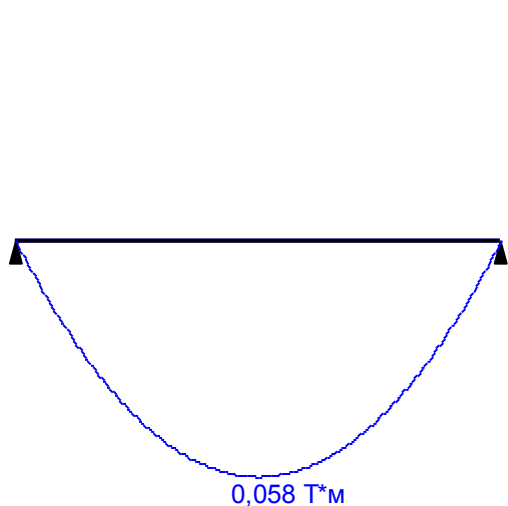
Взам.

Подпись и дата

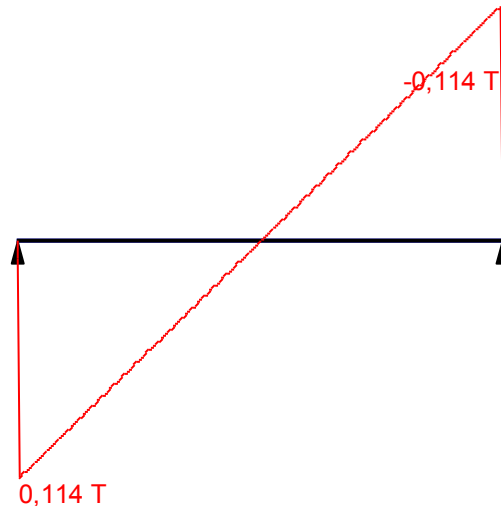
Инв. № подл.

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Огибающая величин M_{max} по значениям нормативных нагрузок

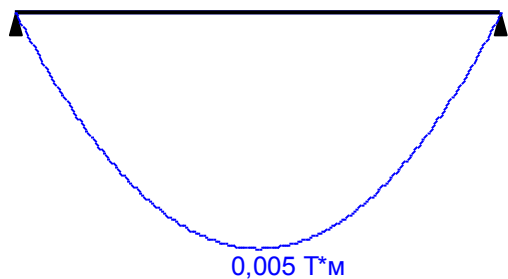


Максимальный изгибающий момент

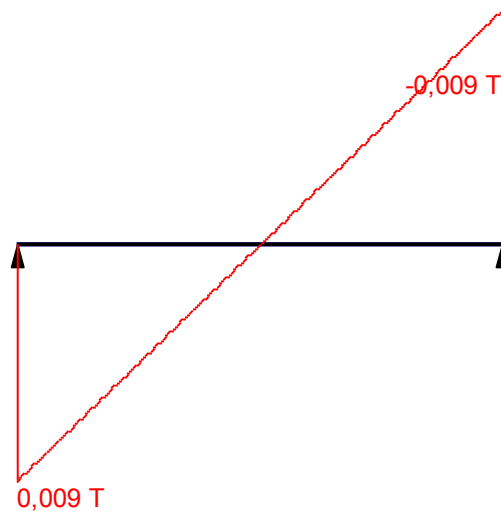


Перерезывающая сила, соответствующая максимальному изгибающему моменту

Огибающая величин M_{min} по значениям нормативных нагрузок



Минимальный изгибающий момент



Перерезывающая сила, соответствующая минимальному изгибающему моменту

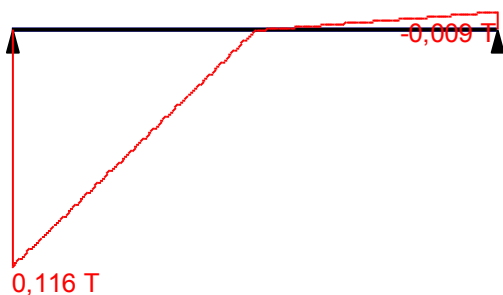
Взам.

Подпись и дата

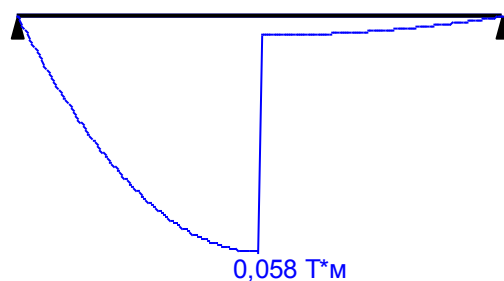
Инв. № подл.

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Огибающая величин Q_{max} по значениям нормативных нагрузок



Максимальная перерезывающая сила

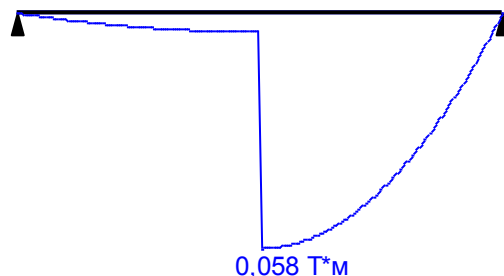


Изгибающий момент, соответствующий максимальной перерезывающей силе

Огибающая величин Q_{min} по значениям нормативных нагрузок



Минимальная перерезывающая сила



Изгибающий момент, соответствующий минимальной перерезывающей силе

| | Опорные реакции | |
|-----------------------|-----------------|----------------|
| | Сила в опоре 1 | Сила в опоре 2 |
| | Т | Т |
| по критерию M_{max} | 0,01 | 0,01 |
| по критерию M_{min} | 0,01 | 0,01 |
| по критерию Q_{max} | 0,161 | 0,01 |
| по критерию Q_{min} | 0,01 | 0,161 |

Взам.

Подпись и дата

Инв. № подл.

| | | | | | |
|-----|-----|------|-------|---------|------|
| Изм | Код | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

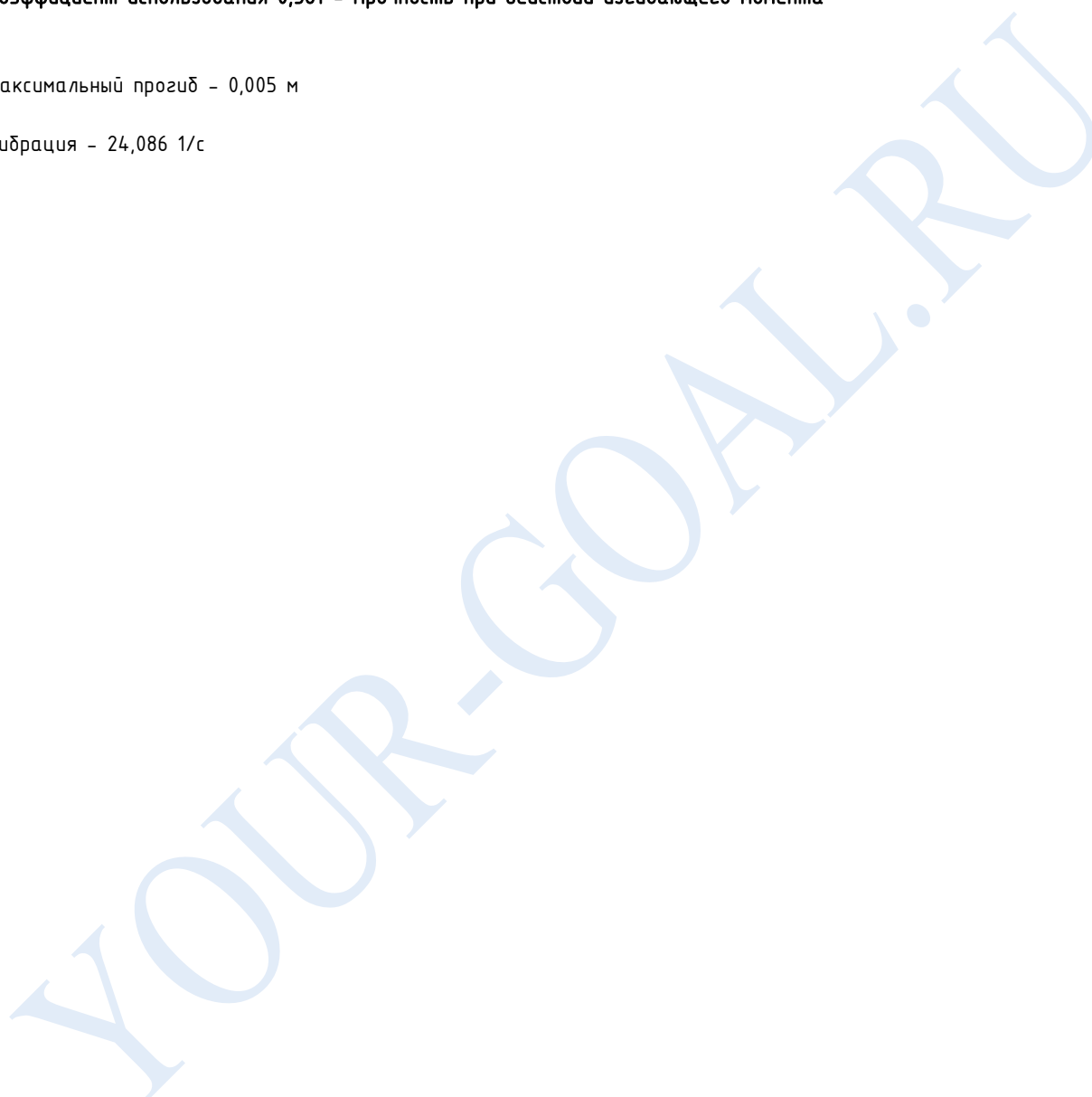
Результаты расчета

| Проверено по СНиП | Проверка | Коэффициент использования |
|-------------------|--|---------------------------|
| п.8.2.1 | Прочность при действии поперечной силы | 0,063 |
| п.8.2.1 | Прочность при действии изгибающего момента | 0,361 |
| п.8.4.1 | Устойчивость плоской формы изгиба при действии момента | 0,361 |

Коэффициент использования 0,361 – Прочность при действии изгибающего момента

Максимальный прогиб – 0,005 м

Вибрация – 24,086 1/с



| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Колонна поддерживающего каркаса К1

Расчет выполнен по СП 16.13330.2011

Общие характеристики

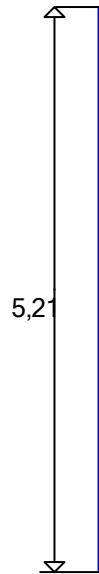
Сталь:

с расчетным сопротивлением по временному сопротивлению $R_v=38735,984 \text{ Т/м}^2$

с расчетным сопротивлением по пределу текучести $R_y=27522,936 \text{ Т/м}^2$

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1

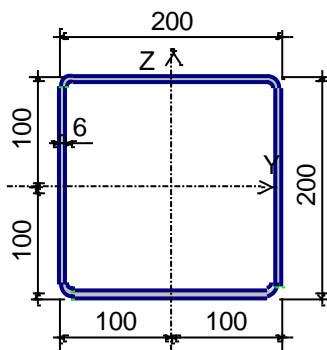


Длина элемента 5,21 м

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60□

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Сечение



Профиль: Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 200x6

Геометрические характеристики

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|-----|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

YOUR-GOAL.RU

Лист

73

| | Параметр | Значение | Единицы измерения |
|-------------------|---|----------|-------------------|
| A | Площадь поперечного сечения | 45,63 | см ² |
| A _{v,u} | Условная площадь среза вдоль оси U | 20,059 | см ² |
| A _{v,z} | Условная площадь среза вдоль оси V | 20,059 | см ² |
| ∠∠ | Угол наклона главных осей инерции | -90 | град |
| I _y | Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y | 2832 | см ⁴ |
| I _z | Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z | 2832 | см ⁴ |
| I _x | Момент инерции при свободном кручении | 4380,831 | см ⁴ |
| I _{y,w} | Секториальный момент инерции | 0 | см ⁶ |
| i _y | Радиус инерции относительно оси Y1 | 7,878 | см |
| i _z | Радиус инерции относительно оси Z1 | 7,878 | см |
| W _u | Максимальный момент сопротивления относительно оси U | 283,2 | см ³ |
| W _u | Минимальный момент сопротивления относительно оси U | 283,2 | см ³ |
| W _v | Максимальный момент сопротивления относительно оси V | 283,2 | см ³ |
| W _v | Минимальный момент сопротивления относительно оси V | 283,2 | см ³ |
| W _{pl,u} | Пластический момент сопротивления относительно оси U | 338,832 | см ³ |
| W _{pl,v} | Пластический момент сопротивления относительно оси V | 338,832 | см ³ |
| I _u | Максимальный момент инерции | 2832 | см ⁴ |
| I _v | Минимальный момент инерции | 2832 | см ⁴ |
| i _u | Максимальный радиус инерции | 7,878 | см |
| i _v | Минимальный радиус инерции | 7,878 | см |
| a _{u+} | Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) | 6,206 | см |
| a _{u-} | Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) | 6,206 | см |
| a _{v+} | Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) | 6,206 | см |
| a _{v-} | Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) | 6,206 | см |
| P | Периметр | 154,51 | см |
| P _i | Внутренний периметр | 76,57 | см |
| P _e | Внешний периметр | 77,94 | см |



Расчетная длина в плоскости XoY 1

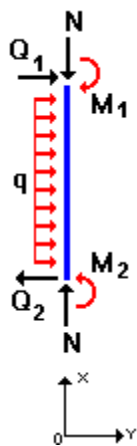


Расчетная длина в плоскости XoZ 1

Нагрузки

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |



Загрузка 1

| | |
|----------------------|---------|
| Тип: постоянное | |
| Учен собственный вес | |
| N | 18,5 Т |
| M_{y1} | 1,2 Т*м |
| Q_{y1} | -0,23 Т |
| M_{y2} | 0 Т*м |
| Q_{y2} | -0,23 Т |
| q_z | 0 Т/м |

| Результаты расчета | | |
|--------------------|---|---------------------------|
| Проверено по СНиП | Проверка | Коэффициент использования |
| п.8.2.1 | Прочность при действии изгибающего момента M_z | 0,154 |
| п.8.2.1 | Прочность при действии поперечной силы Q_y | 0,007 |
| п.9.1.1 | Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики | 0,193 |
| п.7.1.3 | Устойчивость при сжатии в плоскости XoY (XoU) | 0,196 |
| п.7.1.3 | Устойчивость при сжатии в плоскости XoZ (XoV) | 0,196 |
| п.9.2.9 | Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях | 0,197 |
| п.7.1.1 | Прочность при центральном сжатии/растяжении | 0,149 |
| п.10.4.1 | Предельная гибкость в плоскости XoY | 0,441 |
| п.10.4.1 | Предельная гибкость в плоскости XoZ | 0,441 |

Коэффициент использования 0,441 - Предельная гибкость в плоскости XoY

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Результаты расчета плиты по проф. настилу

YOUR-GOAL.RU

| | | |
|--------------|----------------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. |
| | | |

| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |

Расчет перекрытия по проф. настилу – в пролете

Расчет перекрытия по настилу при равномерно-распределенной нагрузке

Информация о расчете:

Расчет выполнен в соответствии с: п.п. 3.5;3.11;4.15;4.16;4.17;4.19;4.21;4.23;4.24
Рекомендации по железобетонным перекрытиям со стальным настилом 1987г;

Исходные данные:

Характеристики материала настила:

- Расчетное сопротивление стального профилированного настила растяжению $R_n = 220$ МПа;
- Модуль упругости стального профилированного настила $E_n = 206000$ МПа;

Расстояния от арматуры до грани бетона:

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения $a = 25$ мм;
- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения $a' = 25$ мм;

Характеристики продольной арматуры:

(Стержневая арматура; А – III, диаметром 10 – 40 мм):

- Расчетное сопротивление растяжению для предельных состояний II группы $R_{s, ser} = 390$ МПа;
- Расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению $R_s = 365$ МПа;
- Расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию $R_{sc} = 365$ МПа;
- Модуль упругости арматуры $E_s = 200000$ МПа;

Характеристики поперечной арматуры:

(Стержневая арматура; А – III, диаметром 6 – 8 мм):

- Расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению $R_{sw} = 285$ МПа;

Характеристики бетона:

(Бетон тяжелый естественного твердения; В25):

- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний I группы $R_b = 14,5$ МПа;
- Расчетное сопротивление бетона растяжению для предельных состояний I группы $R_{bt} = 1,05$ МПа;
- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний II группы $R_{b, ser} = 18,5$ МПа;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

- Расчетное сопротивление бетона растяжению для предельных состояний II группы $R_{bt, ser} = 1,6$ МПа;
- Модуль упругости бетона $E_b = 30000$ МПа;

Коэффициент условия работы:

- Коэффициент условия работы бетона $\gamma_{b2} = 1$;

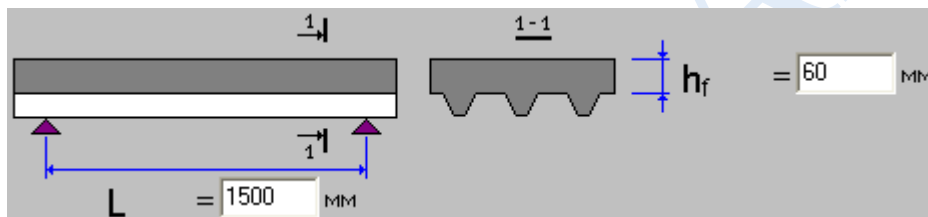
Нормативная нагрузка:

- Нормативная распределенная нагрузка (на 1 м ширины плиты) $q^H = 77,44014$ кН/м;
- Доля кратковременной нагрузки в полной нормативной нагрузке $k_v = 1$;

Поперечная арматура:

- Шаг поперечной арматуры $s = 300$ мм;
- Диаметр стержня поперечной арматуры $d_{sw} = 6$ мм;

Размеры перекрытия:



- Пролет настила $L = 1500$ мм;
- Высота слоя бетона полки таврового сечения $h_f = 60$ мм;

Опираение:

- Ширина прогона $a = 200$ мм;

Гибкая продольная арматура:

- Диаметр гибкой продольной растянутой арматуры $d_s = 14$ мм;
- Диаметр гибкой продольной сжатой арматуры $d'_s = 14$ мм;

Анкеровка:

- Диаметр вертикального анкера $d = 12$ мм;
- Расстояние от края плиты до вертикального анкера $a = 60$ мм;

Характеристики настила:

(Настил СКН50 (Группа предприятий "Стальные конструкции", www.proflist.ru); СКН50-600-0,7):

- Толщина листа $t = 0,7$ мм;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

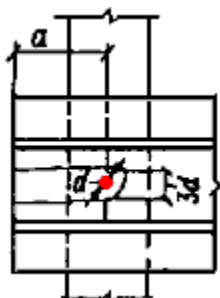
| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

- Высота гофра $h_n = 50$ мм;
- Ширина узкой полки настила $b_{n1} = 32$ мм;
- Ширина широкой полки настила $b_{n2} = 127$ мм;
- Ширина одного гофра настила $b_f = 150$ мм;
- Площадь сечения настила $A_n = 770$ мм²;
- Площадь сечения настила на 1 гофр $A_n = 191$ мм²;
- Масса настила $m = 10,8$ кгс/м²;
- Момент инерции сечения настила на 1 м ширины $I_n = 302000$ мм⁴;
- Расстояние от центра тяжести сечения настила до его наиболее узкой грани $y_c = 32,8$ мм;
- Количество рифов на 1 м гофра $n_{rif1} = 30$;
- Площадь смятия бетона по боковой поверхности одного рифа $A_{rif} = 275$ мм²;

Результаты расчета:

Конструктивные требования к вертикальным анкерам

Схема расположения вертикальных анкеров (рис. 15) - а.



Число вертикальных анкеров в одном гофре:

$$n_{ан} = 1 .$$

$a = 60$ мм $\geq 1,5 d = 1,5 \cdot 12 = 18$ мм (333,33333% от предельного значения) - условие выполнено .

Минимальная толщина бетона.

В конструкции пола - бетонная стяжка может отсутствовать.

$h_f \geq 50$ мм (120% от предельного значения) - условие выполнено .

Определение рабочей высоты сечения

Высота сечения:

$$h = h_f + h_n = 60 + 50 = 110 \text{ мм} .$$

Настил опирается - на широкие полки.

Расстояние от центра тяжести сечения настила до его нижней грани:

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

$$y_{n1} = h_n - y_c = 50 - 32,8 = 17,2 \text{ мм} .$$

Расстояние от центра тяжести сечения настила до его верхней грани:

$$y_{n2} = y_c = 32,8 \text{ мм} .$$

Ширина нижней грани настила:

$$b = b_{n2} = 127 \text{ мм} .$$

Ширина ребра по верху таврового сечения плиты:

$$b' = b_f - b_{n1} = 150 - 32 = 118 \text{ мм} .$$

$b' > 0 \text{ мм}$ – условие выполнено .

Площадь сечения верхней полки одного гофра настила:

$$A'_n = (b_f - b') t = (150 - 118) \cdot 0,7 = 22,4 \text{ мм}^2 .$$

Площадь сечения нижней полки одного гофра настила:

$$A''_n = b t = 127 \cdot 0,7 = 88,9 \text{ мм}^2 .$$

Гибкая продольная арматура – имеется.

Площадь растянутой продольной арматуры:

$$A_s = \rho d_s^2 / 4 = 3,14159 \cdot 14^2 / 4 = 153,93804 \text{ мм}^2 .$$

Сжатая арматура – имеется.

Площадь сжатой или наименее растянутой продольной арматуры:

$$A'_s = \rho d'_s{}^2 / 4 = 3,14159 \cdot 14^2 / 4 = 153,93804 \text{ мм}^2 .$$

Момент инерции сечения настила:

$$I_n = I_n b_f / 1000 = 302000 \cdot 150 / 1000 = 45300 \text{ мм}^4 .$$

$$R_b = g_{b2} R_b = 1 \cdot 14,5 = 14,5 \text{ МПа} .$$

$$R_{bt} = g_{b2} R_{bt} = 1 \cdot 1,05 = 1,05 \text{ МПа} .$$

Т.к. $h < 250 \text{ мм}$:

$a' = 25 \text{ мм} > = 15 + d'_s / 2 = 15 + 14 / 2 = 22 \text{ мм}$ (113,63636% от предельного значения) – условие выполнено .

Т.к. $h < 250 \text{ мм}$:

$a = 25 \text{ мм} > = 15 + d_s / 2 + t = 15 + 14 / 2 + 0,7 = 22,7 \text{ мм}$ (110,13216% от предельного значения) – условие выполнено .

(из требования п. 5.5 СНиП 2.03.01-84 к толщине защитного слоя бетона)

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Продолжение расчета по п. 4.15

Рабочая высота сечения определяется как расстояние от крайней сжатой грани плиты до равнодействующей усилий в настиле и гибкой арматуре

Расстояние до равнодействующих в настиле и гибкой арматуре до нижней грани сечения:

$$a^* = (g_n R_n A_n y_{n1} + R_s A_s a) / (g_n R_n A_n + R_s A_s) = \\ = (0,8 \cdot 220 \cdot 191 \cdot 17,2 + 365 \cdot 153,938 \cdot 25) / (0,8 \cdot 220 \cdot 191 + 365 \cdot 153,938) = 22,08023 \text{ мм} .$$

Расчетная высота сечения:

$$h_0 = h - a^* = 110 - 22,08023 = 87,91977 \text{ мм} .$$

Определение значения граничной высоты сжатой зоны

Бетон - тяжелый.

Коэффициент:

$$w = 0,85 - 0,008 R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 14,5 = 0,734 .$$

Т.к. $g_{b2} \geq 1$:

$$s_{SR} = 400 \text{ МПа} .$$

(В обозначениях СНиП 2.03.01 s_{SR} соответствует $s_{sc, u}$)

Продолжение расчета по п. 4.16

Наибольшая из величин расчетных сопротивлений растяжению настила или гибкой арматуры:

$$R = \max(R_n ; R_s) = \max(220; 365) = 365 \text{ МПа} .$$

Граничное значение относительной высоты сжатой зоны:

$$x_R = w / (1 + R (1 - w / 1,1) / s_{SR}) = \\ = 0,734 / (1 + 365 \cdot (1 - 0,734 / 1,1) / 400) = 0,56305 \text{ (формула (9); п. 4.16) .}$$

Прочность нормальных сечений

Схема приложения нагрузки - равномерно-распределенная нагрузка.

Т.к. $q^H \geq 2 \text{ кН/м}$:

Коэффициент надежности для равномерно распределенной нагрузки на покрытие:

$$g_f = 1,2 .$$

Расчет нагрузки от собственного веса перекрытия

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Площадь сечения бетона на 1 м ширины покрытия:

$$A_b = (h_f b_f + h_n (b+b')/2) \cdot 1000/b_f = \\ = (60 \cdot 150 + 50 \cdot (127+118)/2) \cdot 1000/150 = 100833,33333 \text{ мм}^2 .$$

Плотность бетона:

$$\gamma_b = 2500 \text{ кг/м}^3 .$$

Коэффициент надежности по нагрузке от веса бетона:

$$g_{fb} = 1,1 .$$

(для тяжелого бетона)

Плотность стали:

$$\gamma_s = 7850 \text{ кг/м}^3 .$$

Коэффициент надежности по нагрузке от веса арматуры:

$$g_{fs} = 1,05 .$$

Коэффициент надежности по нагрузке от веса настила:

$$g_{fn} = 1,05 .$$

Ускорение свободного падения:

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2 .$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка от собственного веса покрытия:

$$q_o = g (g_{fb} \gamma_b A_b / 10^6 + g_{fs} \gamma_s (A_s + A'_s) / b_f / 10^3 + g_{fn} m) / 10^3 = \\ = 9,81 \cdot (1,1 \cdot 2500 \cdot 100833,3 / 10^6 + 1,05 \cdot 7850 \cdot (153,938 + 153,938) / 150 / 10^3 + 1,05 \cdot 10,8) / 10^3 = \\ = 2,99744 \text{ кН/м} .$$

Расчетная равномерно распределенная нагрузка (на 1 м ширины плиты):

$$q = q_o + g_f q^H = 2,99744 + 1,2 \cdot 77,44014 = 95,92561 \text{ кН/м} .$$

Изгибающий момент на 1 м ширины настила:

$$M = q L^2 / 8 = 95,92561 \cdot 1500^2 / 8 = 26979077,8125 \text{ Н мм} .$$

Поперечная сила на 1 м ширины настила:

$$Q = q L / 2 = 95,92561 \cdot 1500 / 2 = 71944,2075 \text{ Н} .$$

Плита - многопролетная.

Опорная реакция на 1 м ширины настила:

$$F = 2 Q = 2 \cdot 71944,21 = 143888,42 \text{ Н} .$$

Количество пролетов - 4.

Изгибающий момент на опоре:

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

$$M_o = 0,1071 q^H L^2 = 0,1071 \cdot 77,44014 \cdot 1500^2 = 18661137,7365 \text{ Н мм} .$$

$$W_{min} = \min(I_n/y_{n1} ; I_n/y_{n2}) = \min(45300/17,2; 45300/32,8) = 1381,09756 \text{ мм}^3 .$$

$$\text{Т.к. } M_o = 18661140 \text{ Н мм} > W_{min} R_n = 1381,098 \cdot 220 = 303841,56 \text{ Н мм} :$$

Изгибающий момент на опоре:

$$M_o = W_{min} R_n = 1381,098 \cdot 220 = 303841,56 \text{ Н мм} .$$

Изгибающий момент в рассматриваемом сечении:

$$M_{span} = M b_f/1000 = 26979080 \cdot 150/1000 = 4046862 \text{ Н мм} .$$

Высота сжатой зоны:

$$x = (g_n R_n A_n + R_s A_s - R_{sc} A'_s) / (R_b b_f) = \\ = (0,8 \cdot 220 \cdot 191 + 365 \cdot 153,938 - 365 \cdot 153,938) / (14,5 \cdot 150) = 15,45563 \text{ мм (формула (10); 4.17) .}$$

$$x_R = x_R h_o = 0,56305 \cdot 87,91977 = 49,50323 \text{ мм} .$$

$x = 15,45563 \text{ мм} < x_R = 49,50323 \text{ мм}$ (31,22146% от предельного значения) – условие выполнено .

Продолжение расчета по 4.17

$$\text{Т.к. } x = 15,45563 \text{ мм} < h_f = 60 \text{ мм} :$$

Расчет по случаю 1

$$M_{span} = 4046862 \text{ Н мм} < = R_b b_f x (h_o - 0,5 x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') = 14,5 \cdot 150 \cdot 15,45563 \cdot \\ (87,91977 - 0,5 \cdot 15,45563) + 365 \cdot 153,938 \cdot (87,91977 - 25) = 6231028,77567 \text{ Н мм (64,94693% от предельного значения)} - \text{условие выполнено (формула (11); 4.17) .}$$

Расстояние от центра тяжести сечения сжатого бетона до наиболее сжатой грани сечения:

$$y'_b = x/2 = 15,45563/2 = 7,72782 \text{ мм} .$$

Площадь сечения сжатого бетона:

$$A_{bc} = b_f x = 150 \cdot 15,45563 = 2318,3445 \text{ мм}^2 .$$

Прочность наклонных сечений на действие поперечных сил.

Поперечная арматура – отсутствует.

Сумма поперечных усилий, воспринимаемых поперечными стержнями, пересекающими наклонное сечение:

$$SR_{sw} A_{sw} = 0 \text{ Н} .$$

Определение коэффициентов по СНИП 2.03.01-84.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Коэффициент:

$$f_{w1} = 1.$$

Коэффициент:

$$b = 0,01.$$

Коэффициент:

$$f_{b1} = 1 - b R_b = 1 - 0,01 \cdot 14,5 = 0,855.$$

Средняя ширина ребра таврового сечения плиты:

$$b = (b+b')/2 = (127+118)/2 = 122,5 \text{ мм}.$$

Продольная сила - отсутствует.

Коэффициент:

$$f_n = 0.$$

Определение коэффициента f_{b4} по табл. 21 СНИП 2.03.01-84

Коэффициент:

$$f_{b4} = 1,5.$$

Продолжение расчета по п. 4.19

Поперечное усилие, воспринимаемое бетоном:

$$Q_b = ((f_{b4} (1+f_n) R_{bt} (b+b')/2) h_o^2)/h = \\ = ((1,5 \cdot (1+0) \cdot 1,05 \cdot (127+118)/2) \cdot 87,91977^2)/110 = 13558,04429 \text{ Н (формула (17); п. 4.19)}.$$

Поперечная сила в рассматриваемом сечении:

$$Q = Q_{bf}/1000 = 71944,21 \cdot 150/1000 = 10791,6315 \text{ Н}.$$

$$Q = 10791,63 \text{ Н} < = 0,17 R_n h_n 2 t + SR_{sw} A_{sw} + Q_b = 0,17 \cdot 220 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 0,7 + 0 + 13558,04 = \\ = 16176,04 \text{ Н (66,71367\% от предельного значения)} - \text{условие выполнено (формула (15); п. 4.19)}.$$

$$Q = 10791,63 \text{ Н} < = 0,3 f_{w1} f_{b1} R_b ((b+b')/2) h_o = 0,3 \cdot 1 \cdot 0,855 \cdot 14,5 \cdot ((127+118)/2) \cdot \\ \cdot 87,91977 = 40056,96156 \text{ Н (26,94071\% от предельного значения)} - \text{условие выполнено (формула (16); п. 4.19)}.$$

Расчет прочности анкерówki

Расстояние от края плиты до оси пролета - равно половине ширины прогона.

Расстояние от края плиты до оси пролета:

$$a_L = a / 2 = 200/2 = 100 \text{ мм}.$$

Проверка прочности анкерówki в месте максимального изгибающего момента

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Изгибающий момент на 1 м ширины настила:

$$M = q L^2 / 8 = 95,92561 \cdot 1500^2 / 8 = 26979077,8125 \text{ Н мм} .$$

Длина участка настила от рассматриваемого сечения до ближайшего конца:

$$L = a_L + L / 2 = 100 + 1500 / 2 = 850 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилия сжатия в сечении до наиболее сжатой грани сечения:

$$y'_c = (R_{sc} A'_s a' + R_b A_{bc} y'_b) / (R_{sc} A'_s + R_b A_{bc}) = \\ = (365 \cdot 153,938 \cdot 25 + 14,5 \cdot 2318,344 \cdot 7,72782) / (365 \cdot 153,938 + 14,5 \cdot 2318,344) = 18,53452 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в настиле:

$$z_n = h - y_{n1} - y'_c = 110 - 17,2 - 18,53452 = 74,26548 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в гибкой арматуре:

$$z_s = h - a - y'_c = 110 - 25 - 18,53452 = 66,46548 \text{ мм} .$$

Расчет длины анкеровки по п. 5.14 СНиП 2.03.01-84

Класс гибкой продольной арматуры - А-III.

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$w_{ан} = 0,5 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$Dl_{ан} = 8 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$l_{ан} = 12 .$$

Минимальная длина анкеровки:

$$l_{ан, min} = 200 \text{ мм} .$$

(по табл. 37 СНиП для заделки в сжатом бетоне)

Требуемая длина анкеровки:

$$l_{ан} = (w_{ан} R_s / R_b + Dl_{ан}) d_s = \\ = (0,5 \cdot 365 / 14,5 + 8) \cdot 14 = 288,2069 \text{ мм} .$$

$$i_{ан} = l_{ан} = 288,2069 \text{ мм} .$$

Т.к. $L - h = 850 - 110 = 740 \text{ мм} > i_{ан} = 288,2069 \text{ мм}$:

Коэффициент условия работы анкеровки стержневой арматуры:

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

$$m_{ан} = 1.$$

Класс арматуры вертикального анкера – А-III.

Расчетное сопротивление стали вертикального анкера растяжению:

$$R_{sa} = 365 \text{ МПа}.$$

Площадь сечения вертикального анкера:

$$A_{ан} = \rho d^2/4 = 3,14159 \cdot 12^2/4 = 113,09734 \text{ мм}^2.$$

Без учета совместной работы плиты с балкой принимаем $k_1 = 1$

Коэффициент:

$$k = 4,75 R_b^{0,3333} / ((1+0,15 A_{ан}) ; R_{sa}) = 4,75 \cdot 14,5^{0,3333} / ((1+0,15 \cdot 1,13097) \cdot 365) = 0,51829 \text{ (формула (20); 4.21)}.$$

$$T_{ан1} = k_1 k n_{ан} A_{ан} R_{sa} = 1 \cdot 0,51829 \cdot 1 \cdot 113,0973 \cdot 365 = 21395,27786 \text{ Н (формула (19); 4.21)}.$$

$$i'_{ан} = 2 a + 3 d = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 12 = 156 \text{ мм}.$$

$$T_{ан2} = R_n i'_{ан} t = 220 \cdot 156 \cdot 0,7 = 24024 \text{ Н (формула (21); 4.21)}.$$

$$T_{ан3} = R_n (b+h_n) t = 220 \cdot (127+50) \cdot 0,7 = 27258 \text{ Н (формула (22); 4.21)}.$$

Сопротивление анкеровки сдвигу на опорах по концам настила:

$$T_{ан} = \min(T_{ан1}; T_{ан2}; T_{ан3}) = \min(21395,28; 24024; 27258) = 21395,28 \text{ Н}.$$

При наличии в ребрах плиты гибкой арматуры число вводимых в расчет рифов принимается по длине участка, уменьшенной на высоту сечения плиты.

Число рифов на стенках гофра настила по длине рассматриваемого участка L :

$$n_{риф} = \text{int}(n_{риф1} (L-h)/1000) = \text{int}(30 \cdot (850-110)/1000) = 22.$$

Сопротивление рифов на стенках настила сдвигу:

$$T_{риф} = 0,5 R_b A_{риф} n_{риф} = 0,5 \cdot 14,5 \cdot 275 \cdot 22 = 43862,5 \text{ Н (формула (23); 4.21)}.$$

Изгибающий момент в рассматриваемом сечении:

$$M_{span} = M b_f/1000 = 26979080 \cdot 150/1000 = 4046862 \text{ Н мм}.$$

$$M_{span} = 4046862 \text{ Н мм} \leq (T_{ан} + T_{риф}) z_n + m_{ан} R_s A_s z_s = (21395,28 + 43862,5) \cdot 74,26548 + 1 \cdot 365 \cdot 153,938 \cdot 66,46548 = 8580920,87242 \text{ Н мм (47,16116\% от предельного значения)} - \text{условие выполнено (формула (18); 4.21)}.$$

Проверка прочности анкеровки в четверти пролета

Изгибающий момент на 1 м ширины настила:

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

$$M = 0,75 q L^2 / 8 = 0,75 \cdot 95,92561 \cdot 1500^2 / 8 = 20234308,35938 \text{ Н мм} .$$

Длина участка настила от рассматриваемого сечения до ближайшего конца:

$$L = a_L + L / 4 = 100 + 1500 / 4 = 475 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия в сечении до наиболее сжатой грани сечения:

$$y'_c = (R_{sc} A'_s a' + R_b A_{bc} y'_b) / (R_{sc} A'_s + R_b A_{bc}) = \\ = (365 \cdot 153,938 \cdot 25 + 14,5 \cdot 2318,344 \cdot 7,72782) / (365 \cdot 153,938 + 14,5 \cdot 2318,344) = 18,53452 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в настиле:

$$z_n = h - y_{n1} - y'_c = 110 - 17,2 - 18,53452 = 74,26548 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в гибкой арматуре:

$$z_s = h - a - y'_c = 110 - 25 - 18,53452 = 66,46548 \text{ мм} .$$

Расчет длины анкеровки по п. 5.14 СНиП 2.03.01-84

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$w_{ан} = 0,5 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$Dl_{ан} = 8 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$l_{ан} = 12 .$$

Минимальная длина анкеровки:

$$l_{ан, min} = 200 \text{ мм} .$$

(по табл. 37 СНиП для заделки в сжатом бетоне)

Требуемая длина анкеровки:

$$l_{ан} = (w_{ан} R_s / R_b + Dl_{ан}) d_s = \\ = (0,5 \cdot 365 / 14,5 + 8) \cdot 14 = 288,2069 \text{ мм} .$$

$$i_{ан} = l_{ан} = 288,2069 \text{ мм} .$$

$$\text{Т.к. } L - h = 475 - 110 = 365 \text{ мм} > = i_{ан} = 288,2069 \text{ мм} :$$

Коэффициент условия работы анкеровки стержневой арматуры:

$$m_{ан} = 1 .$$

Расчетное сопротивление стали вертикального анкера растяжению:

$$R_{sa} = 365 \text{ МПа} .$$

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Площадь сечения вертикального анкера:

$$A_{ан} = \rho d^2/4 = 3,14159 \cdot 12^2/4 = 113,09734 \text{ мм}^2 .$$

Без учета совместной работы плиты с балкой принимаем $k_1 = 1$

Коэффициент:

$$k = 4,75 R_b^{0,3333} / ((1+0,15 A_{ан}) ; R_{sa}) = \\ = 4,75 \cdot 14,5^{0,3333} / ((1+0,15 \cdot 1,13097) \cdot ; 365) = 0,51829 \text{ (формула (20); 4.21)} .$$

$$T_{ан1} = k_1 k \rho_{ан} A_{ан} R_{sa} = 1 \cdot 0,51829 \cdot 1 \cdot 113,0973 \cdot 365 = 21395,27786 \text{ Н (формула (19); 4.21)} .$$

$$i'_{ан} = 2 a + 3 d = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 12 = 156 \text{ мм} .$$

$$T_{ан2} = R_n i'_{ан} t = 220 \cdot 156 \cdot 0,7 = 24024 \text{ Н (формула (21); 4.21)} .$$

$$T_{ан3} = R_n (b+h_n) t = 220 \cdot (127+50) \cdot 0,7 = 27258 \text{ Н (формула (22); 4.21)} .$$

Сопротивление анкерной связи на опорах по концам настила:

$$T_{ан} = \min(T_{ан1} ; T_{ан2} ; T_{ан3}) = \min(21395,28; 24024; 27258) = 21395,28 \text{ Н} .$$

При наличии в ребрах плиты гибкой арматуры число вводимых в расчет рифов принимается по длине участка, уменьшенной на высоту сечения плиты.

$$\text{Число рифов на стенках гофра настила по длине рассматриваемого участка } L: \\ n_{риф} = \text{int}(n_{риф1} (L-h)/1000) = \text{int}(30 \cdot (475-110)/1000) = 10 .$$

Сопротивление рифов на стенках настила сдвигу:

$$T_{риф} = 0,5 R_b A_{риф} n_{риф} = 0,5 \cdot 14,5 \cdot 275 \cdot 10 = 19937,5 \text{ Н (формула (23); 4.21)} .$$

Изгибающий момент в рассматриваемом сечении:

$$M_{span} = M b_f/1000 = 20234310 \cdot 150/1000 = 3035146,5 \text{ Н мм} .$$

$$M_{span} = 3035147 \text{ Н мм} < = (T_{ан} + T_{риф}) z_n + m_{ан} R_s A_s z_s = (21395,28 + 19937,5) \cdot 74,26548 + 1 \cdot 365 \cdot 153,938 \cdot 66,46548 = 6804119,26342 \text{ Н мм (44,60749\% от предельного значения)} - \text{условие выполнено (формула (18); 4.21)} .$$

Расчет на смятие на опорах

Площадь смятия:

$$A_{loc} = b a = 127 \cdot 200 = 25400 \text{ мм}^2 .$$

Опорная реакция:

$$N = F b_f/1000 = 143888,4 \cdot 150/1000 = 21583,26 \text{ Н} .$$

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

$N = 21583,26 \text{ Н} < = 0,5 R_b A_{loc} = 0,5 \cdot 14,5 \cdot 25400 = 184150 \text{ Н}$ (11,72048% от предельного значения) – условие выполнено (формула (24); п. 4.23).

Расчет прогиба плиты перекрытия

Пролет – средний.

Изгибающий момент на 1 м ширины настила:

$$M = q^H L^2/8 - M_0 = 77,44014 \cdot 1500^2/8 - 303841,6 = 21476197,775 \text{ Н мм} .$$

Прогиб настила без учета и с учетом податливости анкерных связей

Коэффициент:

$$s = 0,125 .$$

Определение расчетной кривизны плиты

Изгибающий момент от нормативной нагрузки кратковременного действия на 1 м ширины плиты:

$$M_{n1} = M k_v = 21476200 \cdot 1 = 21476200 \text{ Н мм} .$$

Изгибающий момент от нормативной нагрузки кратковременного действия в расчетном сечении:

$$M_{n, span1} = M_{n1} b_f/1000 = 21476200 \cdot 150/1000 = 3221430 \text{ Н мм} .$$

По п. 4.21 СНиП 2.03.01:

Коэффициент:

$$f_{b1} = 0,85 .$$

Коэффициент:

$$f_{b2} = 1 .$$

(для кратковременной нагрузки)

Определение момента инерции приведенного сечения

Коэффициент:

$$a_n = E_n/E_b = 206000/30000 = 6,86667 \text{ (формула (32); п. 4.28)} .$$

Коэффициент:

$$a_s = E_s/E_b = 200000/30000 = 6,66667 \text{ (формула (33); п. 4.28)} .$$

Сумма приведенных площадей сечения арматуры:

$$SA_{red} = A_n a_n + A_s a_s + A'_s a_s = \\ = 191 \cdot 6,86667 + 153,938 \cdot 6,66667 + 153,938 \cdot 6,66667 = 3364,04166 \text{ мм}^2 \text{ (формула (36); п. 4.28)} .$$

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Наибольший изгибающий положительный момент в пролете от нормативной нагрузки, при котором определяется прогиб, без учета собственной массы:

$$M_{n, span} = M_{n, span1} + M_{n, span2} = 3221430 + 0 = 3221430 \text{ Н мм} .$$

Сдвиг настила относительно бетона:

$$D = (M_{n, span} A_n) / (e_a (h_o - 0,5 x) (A_n + A_s)) = \\ = (3221430 \cdot 191) / (54000 \cdot (87,91977 - 0,5 \cdot 15,45563) \cdot (191 + 153,938)) = 0,41192 \text{ мм (формула (30)); п. 4.27} .$$

В среднем пролете – настил непрерывен.

Коэффициент:

$$k' = 1 .$$

Кривизна от податливости анкерных связей:

$$1/\gamma_{add} = k' D / (0,75 L \cdot h_o) = \\ = 1 \cdot 0,41192 / (0,75 \cdot 1500 \cdot 87,91977) = 0,000004165 \text{ 1/мм (формула (29); п. 4.27)} .$$

f_{add} определяется по формуле (26) при $s = 1/8$

Коэффициент:

$$s = 0,125 .$$

Дополнительный прогиб плиты податливости анкерных связей:

$$f_{add} = (1/\gamma_{add}) s L^2 = \\ = (0,000004165) \cdot 0,125 \cdot 1500^2 = 1,17141 \text{ мм (формула (26); п. 4.25)} .$$

Прогиб плиты перекрытия:

$$f_m = f_{rc} + f_{add} = 3,7665 + 1,17141 = 4,93791 \text{ мм} .$$

Относительный прогиб равен $(1/96) L$.

Прогиб проверяется – по эстетико-психологическим требованиям СНиП "Нагрузки и воздействия".

Высота помещений – не более 6 м.

Величина обратная к предельному значению относительного прогиба $1/[f/L]$ принимается по табл. в зависимости от L

$$k_f = 127,5 .$$

$f_m = 4,93791 \text{ мм} < = (1/k_f) L = (1/127,5) \cdot 1500 = 11,76471 \text{ мм (41,97224\% от предельного значения)}$ – условие выполнено .

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Расчет перекрытия по проф. настилу – на опоре

Расчет перекрытия по настилу при равномерно-распределенной нагрузке

Информация о расчете:

Расчет выполнен в соответствии с: п.п. 3.5;3.11;4.15;4.16;4.17;4.19;4.21;4.23;4.24
Рекомендации по железобетонным перекрытиям со стальным настилом 1987г;

Исходные данные:

Характеристики материала настила:

- Расчетное сопротивление стального профилированного настила растяжению $R_n = 220$ МПа;
- Модуль упругости стального профилированного настила $E_n = 206000$ МПа;

Расстояния от арматуры до грани бетона:

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения $a = 25$ мм;
- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения $a' = 25$ мм;

Характеристики продольной арматуры:

(Стержневая арматура; А – III, диаметром 10 – 40 мм):

- Расчетное сопротивление растяжению для предельных состояний II группы $R_{s, ser} = 390$ МПа;
- Расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению $R_s = 365$ МПа;
- Расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию $R_{sc} = 365$ МПа;
- Модуль упругости арматуры $E_s = 200000$ МПа;

Характеристики поперечной арматуры:

(Стержневая арматура; А – III, диаметром 6 – 8 мм):

- Расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению $R_{sw} = 285$ МПа;

Характеристики бетона:

(Бетон тяжелый естественного твердения; В25):

- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний I группы $R_b = 14,5$ МПа;
- Расчетное сопротивление бетона растяжению для предельных состояний I группы $R_{bt} = 1,05$ МПа;
- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний II группы $R_{b, ser} = 18,5$ МПа;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

- Расчетное сопротивление бетона растяжению для предельных состояний II группы $R_{bt, ser} = 1,6$ МПа;
- Модуль упругости бетона $E_b = 30000$ МПа;

Коэффициент условия работы:

- Коэффициент условия работы бетона $\gamma_{b2} = 1$;

Нормативная нагрузка:

- Нормативная распределенная нагрузка (на 1 м ширины плиты) $q^H = 77,44014$ кН/м;
- Доля кратковременной нагрузки в полной нормативной нагрузке $k_v = 1$;

Поперечная арматура:

- Шаг поперечной арматуры $s = 300$ мм;
- Диаметр стержня поперечной арматуры $d_{sw} = 6$ мм;

Размеры перекрытия:

- Пролет настила $L = 1500$ мм;
- Высота слоя бетона полки таврового сечения $h_f = 60$ мм;

Опираение:

- Ширина прогона $a = 200$ мм;

Гибкая продольная арматура:

- Диаметр гибкой продольной растянутой арматуры $d_s = 14$ мм;
- Диаметр гибкой продольной сжатой арматуры $d'_s = 14$ мм;

Анкеровка:

- Диаметр вертикального анкера $d = 12$ мм;
- Расстояние от края плиты до вертикального анкера $a = 60$ мм;

Характеристики настила:

(Настил СКН50 (Группа предприятий "Стальные конструкции", www.proflist.ru); СКН50-600-0,7):

- Толщина листа $t = 0,7$ мм;
- Высота гофра $h_n = 50$ мм;
- Ширина узкой полки настила $b_{n1} = 32$ мм;
- Ширина широкой полки настила $b_{n2} = 127$ мм;
- Ширина одного гофра настила $b_f = 150$ мм;
- Площадь сечения настила $A_n = 770$ мм²;

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

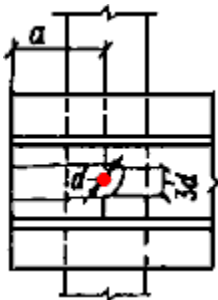
| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

- Площадь сечения настила на 1 гофр $A_n = 191 \text{ мм}^2$;
- Масса настила $m = 10,8 \text{ кгс/м}^2$;
- Момент инерции сечения настила на 1 м ширины $I_n = 302000 \text{ мм}^4$;
- Расстояние от центра тяжести сечения настила до его наиболее узкой грани $y_c = 32,8 \text{ мм}$;
- Количество рифов на 1 м гофра $n_{rif1} = 30$;
- Площадь смятия бетона по боковой поверхности одного рифа $A_{rif} = 275 \text{ мм}^2$;

Результаты расчета:

Конструктивные требования к вертикальным анкерам

Схема расположения вертикальных анкеров (рис. 15) - а.



Число вертикальных анкеров в одном гофре:

$$n_{ан} = 1.$$

$a = 60 \text{ мм} > = 1,5 d = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ мм}$ (333,33333% от предельного значения) - условие выполнено .

Минимальная толщина бетона.

В конструкции пола - бетонная стяжка может отсутствовать.

$h_f > = 50 \text{ мм}$ (120% от предельного значения) - условие выполнено .

Определение рабочей высоты сечения

Высота сечения:

$$h = h_f + h_n = 60 + 50 = 110 \text{ мм} .$$

Настил опирается - на широкие полки.

Расстояние от центра тяжести сечения настила до его нижней грани:

$$y_{n1} = h_n - y_c = 50 - 32,8 = 17,2 \text{ мм} .$$

Расстояние от центра тяжести сечения настила до его верхней грани:

$$y_{n2} = y_c = 32,8 \text{ мм} .$$

| | | | | | | | |
|----------------|-----|------|------|-------|---------|------|--------------|
| Взам. | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | |
| Инв. № подл. | | | | | | | YOUR-GOAL.RU |
| | | | | | | | |
| Подпись и дата | | | | | | | 94 |
| | | | | | | | |
| | Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата | |

Ширина нижней грани настила:

$$b = b_{n2} = 127 \text{ мм} .$$

Ширина ребра по верху таврового сечения плиты:

$$b' = b_f - b_{n1} = 150 - 32 = 118 \text{ мм} .$$

$b' > 0$ мм - условие выполнено .

Площадь сечения верхней полки одного гофра настила:

$$A'_n = (b_f - b') t = (150 - 118) \cdot 0,7 = 22,4 \text{ мм}^2 .$$

Площадь сечения нижней полки одного гофра настила:

$$A''_n = b t = 127 \cdot 0,7 = 88,9 \text{ мм}^2 .$$

Гибкая продольная арматура - имеется.

Площадь растянутой продольной арматуры:

$$A_s = \rho d_s^2 / 4 = 3,14159 \cdot 14^2 / 4 = 153,93804 \text{ мм}^2 .$$

Сжатая арматура - имеется.

Площадь сжатой или наименее растянутой продольной арматуры:

$$A'_s = \rho d'_s{}^2 / 4 = 3,14159 \cdot 14^2 / 4 = 153,93804 \text{ мм}^2 .$$

Момент инерции сечения настила:

$$I_n = I_n b_f / 1000 = 302000 \cdot 150 / 1000 = 45300 \text{ мм}^4 .$$

$$R_b = g_{b2} R_b = 1 \cdot 14,5 = 14,5 \text{ МПа} .$$

$$R_{bt} = g_{b2} R_{bt} = 1 \cdot 1,05 = 1,05 \text{ МПа} .$$

Т.к. $h < 250$ мм :

$a' = 25 \text{ мм} > = 15 + d'_s / 2 = 15 + 14 / 2 = 22 \text{ мм}$ (113,63636% от предельного значения) - условие выполнено .

Т.к. $h < 250$ мм :

$a = 25 \text{ мм} > = 15 + d_s / 2 + t = 15 + 14 / 2 + 0,7 = 22,7 \text{ мм}$ (110,13216% от предельного значения) - условие выполнено .

(из требования п. 5.5 СНиП 2.03.01-84 к толщине защитного слоя бетона)

Продолжение расчета по п. 4.15

Рабочая высота сечения определяется как расстояние от крайней сжатой грани плиты до равнодействующей усилий в настиле и гибкой арматуре

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Изгибающий момент на опоре:

$$M_o = W_{\min} R_n = 1381,098 \cdot 220 = 303841,56 \text{ Н мм} .$$

Изгибающий момент в рассматриваемом сечении:

$$M_{\text{span}} = M b_f / 1000 = 26979080 \cdot 150 / 1000 = 4046862 \text{ Н мм} .$$

Высота сжатой зоны:

$$x = (g_n R_n A_n + R_s A_s - R_{sc} A'_s) / (R_b b_f) = \\ = (0,8 \cdot 220 \cdot 191 + 365 \cdot 153,938 - 365 \cdot 153,938) / (14,5 \cdot 150) = 15,45563 \text{ мм (формула (10); 4.17) .}$$

$$x_R = x_R h_o = 0,56305 \cdot 87,91977 = 49,50323 \text{ мм} .$$

$x = 15,45563 \text{ мм} < x_R = 49,50323 \text{ мм}$ (31,22146% от предельного значения) – условие выполнено .

Продолжение расчета по 4.17

Т.к. $x = 15,45563 \text{ мм} < h_f = 60 \text{ мм}$:

Расчет по случаю 1

$$M_{\text{span}} = 4046862 \text{ Н мм} < R_b b_f x (h_o - 0,5 x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') = 14,5 \cdot 150 \cdot 15,45563 \cdot \\ (87,91977 - 0,5 \cdot 15,45563) + 365 \cdot 153,938 \cdot (87,91977 - 25) = 6231028,77567 \text{ Н мм (64,94693% от предельного значения)} - \text{условие выполнено (формула (11); 4.17) .}$$

Расстояние от центра тяжести сечения сжатого бетона до наиболее сжатой грани сечения:

$$y'_b = x / 2 = 15,45563 / 2 = 7,72782 \text{ мм} .$$

Площадь сечения сжатого бетона:

$$A_{bc} = b_f x = 150 \cdot 15,45563 = 2318,3445 \text{ мм}^2 .$$

Прочность наклонных сечений на действие поперечных сил.

Поперечная арматура – отсутствует.

Сумма поперечных усилий, воспринимаемых поперечными стержнями, пересекающими наклонное сечение:

$$SR_{sw} A_{sw} = 0 \text{ Н} .$$

Определение коэффициентов по СНиП 2.03.01-84.

Коэффициент:

$$f_{w1} = 1 .$$

Коэффициент:

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

$$L = a_L + L / 2 = 100 + 1500 / 2 = 850 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилия сжатия в сечении до наиболее сжатой грани сечения:

$$y'_c = (R_{sc} A'_s a' + R_b A_{bc} y'_b) / (R_{sc} A'_s + R_b A_{bc}) = \\ = (365 \cdot 153,938 \cdot 25 + 14,5 \cdot 2318,344 \cdot 7,72782) / (365 \cdot 153,938 + 14,5 \cdot 2318,344) = 18,53452 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в настиле:

$$z_n = h - y_{n1} - y'_c = 110 - 17,2 - 18,53452 = 74,26548 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в гибкой арматуре:

$$z_s = h - a - y'_c = 110 - 25 - 18,53452 = 66,46548 \text{ мм} .$$

Расчет длины анкеровки по п. 5.14 СНиП 2.03.01-84

Класс гибкой продольной арматуры - А-III.

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$w_{ан} = 0,5 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$Dl_{ан} = 8 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$l_{ан} = 12 .$$

Минимальная длина анкеровки:

$$l_{ан, min} = 200 \text{ мм} .$$

(по табл. 37 СНиП для заделки в сжатом бетоне)

Требуемая длина анкеровки:

$$l_{ан} = (w_{ан} R_s / R_b + Dl_{ан}) d_s = \\ = (0,5 \cdot 365 / 14,5 + 8) \cdot 14 = 288,2069 \text{ мм} .$$

$$i_{ан} = l_{ан} = 288,2069 \text{ мм} .$$

$$\text{Т.к. } L - h = 850 - 110 = 740 \text{ мм} > i_{ан} = 288,2069 \text{ мм} :$$

Коэффициент условия работы анкеровки стержневой арматуры:

$$m_{ан} = 1 .$$

Класс арматуры вертикального анкера - А-III.

Расчетное сопротивление стали вертикального анкера растяжению:

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Расстояние от равнодействующей усилия сжатия в сечении до наиболее сжатой грани сечения:

$$y'_c = (R_{sc} A'_s a' + R_b A_{bc} y'_b) / (R_{sc} A'_s + R_b A_{bc}) = \\ = (365 \cdot 153,938 \cdot 25 + 14,5 \cdot 2318,344 \cdot 7,72782) / (365 \cdot 153,938 + 14,5 \cdot 2318,344) = 18,53452 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в настиле:

$$z_n = h - y_{n1} - y'_c = 110 - 17,2 - 18,53452 = 74,26548 \text{ мм} .$$

Расстояние от равнодействующей усилий сжатия до равнодействующей усилий растяжения в гибкой арматуре:

$$z_s = h - a - y'_c = 110 - 25 - 18,53452 = 66,46548 \text{ мм} .$$

Расчет длины анкеровки по п. 5.14 СНиП 2.03.01-84

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$w_{ан} = 0,5 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$Dl_{ан} = 8 .$$

Коэффициент по табл. 37 СНиП 2.03.01-84:

$$l_{ан} = 12 .$$

Минимальная длина анкеровки:

$$l_{ан, min} = 200 \text{ мм} .$$

(по табл. 37 СНиП для заделки в сжатом бетоне)

Требуемая длина анкеровки:

$$l_{ан} = (w_{ан} R_s / R_b + Dl_{ан}) d_s = \\ = (0,5 \cdot 365 / 14,5 + 8) \cdot 14 = 288,2069 \text{ мм} .$$

$$i_{ан} = l_{ан} = 288,2069 \text{ мм} .$$

Т.к. $L - h = 475 - 110 = 365 \text{ мм} > i_{ан} = 288,2069 \text{ мм}$:

Коэффициент условия работы анкеровки стержневой арматуры:

$$m_{ан} = 1 .$$

Расчетное сопротивление стали вертикального анкера растяжению:

$$R_{sa} = 365 \text{ МПа} .$$

Площадь сечения вертикального анкера:

$$A_{ан} = \rho d^2 / 4 = 3,14159 \cdot 12^2 / 4 = 113,09734 \text{ мм}^2 .$$

Без учета совместной работы плиты с балкой принимаем $k_1 = 1$

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Коэффициент:

$$k = 4,75 R_b^{0,3333} / ((1+0,15 A_{ан}) ; R_{sa}) = \\ = 4,75 \cdot 14,5^{0,3333} / ((1+0,15 \cdot 1,13097) \cdot ; 365) = 0,51829 \text{ (формула (20); 4.21)}$$

$$T_{ан1} = k_1 k_{ан} A_{ан} R_{sa} = 1 \cdot 0,51829 \cdot 1 \cdot 113,0973 \cdot 365 = 21395,27786 \text{ Н (формула (19); 4.21)}$$

$$i'_{ан} = 2 a + 3 d = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 12 = 156 \text{ мм .}$$

$$T_{ан2} = R_n i'_{ан} t = 220 \cdot 156 \cdot 0,7 = 24024 \text{ Н (формула (21); 4.21)}$$

$$T_{ан3} = R_n (b+h_n) t = 220 \cdot (127+50) \cdot 0,7 = 27258 \text{ Н (формула (22); 4.21)}$$

Сопротивление анкеровки сдвигу на опорах по концам настила:

$$T_{ан} = \min(T_{ан1} ; T_{ан2} ; T_{ан3}) = \min(21395,28; 24024; 27258) = 21395,28 \text{ Н .}$$

При наличии в ребрах плиты гибкой арматуры число вводимых в расчет рифов принимается по длине участка, уменьшенной на высоту сечения плиты.

Число рифов на стенках гофра настила по длине рассматриваемого участка L:

$$n_{риф} = \text{int}(n_{риф1} (L-h)/1000) = \text{int}(30 \cdot (475-110)/1000) = 10 \text{ .}$$

Сопротивление рифов на стенках настила сдвигу:

$$T_{риф} = 0,5 R_b A_{риф} n_{риф} = 0,5 \cdot 14,5 \cdot 275 \cdot 10 = 19937,5 \text{ Н (формула (23); 4.21)}$$

Изгибающий момент в рассматриваемом сечении:

$$M_{span} = M b_f / 1000 = 20234310 \cdot 150 / 1000 = 3035146,5 \text{ Н мм .}$$

$M_{span} = 3035147 \text{ Н мм} < = (T_{ан} + T_{риф}) z_n + m_{ан} R_s A_s z_s = (21395,28 + 19937,5) \cdot 74,26548 + 1 \cdot 365 \cdot 153,938 \cdot 66,46548 = 6804119,26342 \text{ Н мм (44,60749\% от предельного значения)}$ – условие выполнено (формула (18); 4.21).

Расчет на смятие на опорах

Площадь смятия:

$$A_{loc} = b a = 127 \cdot 200 = 25400 \text{ мм}^2 \text{ .}$$

Опорная реакция:

$$N = F b_f / 1000 = 143888,4 \cdot 150 / 1000 = 21583,26 \text{ Н .}$$

$N = 21583,26 \text{ Н} < = 0,5 R_b A_{loc} = 0,5 \cdot 14,5 \cdot 25400 = 184150 \text{ Н (11,72048\% от предельного значения)}$ – условие выполнено (формула (24); п. 4.23).

Расчет прогиба плиты перекрытия

Пролет – крайний.

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Изгибающий момент на 1 м ширины настила:

$$M = q \cdot L^2 / 8 - M_0 / 2 = 77,44014 \cdot 1500^2 / 8 - 303841,6 / 2 = 21628118,575 \text{ Н мм} .$$

Прогиб настила без учета и с учетом податливости анкерных связей

Коэффициент:

$$s = 0,125 .$$

Определение расчетной кривизны плиты

Изгибающий момент от нормативной нагрузки кратковременного действия на 1 м ширины плиты:

$$M_{n1} = M \cdot k_v = 21628120 \cdot 1 = 21628120 \text{ Н мм} .$$

Изгибающий момент от нормативной нагрузки кратковременного действия в расчетном сечении:

$$M_{n, \text{span1}} = M_{n1} \cdot b_f / 1000 = 21628120 \cdot 150 / 1000 = 3244218 \text{ Н мм} .$$

По п. 4.21 СНиП 2.03.01:

Коэффициент:

$$f_{b1} = 0,85 .$$

Коэффициент:

$$f_{b2} = 1 .$$

(для кратковременной нагрузки)

Определение момента инерции приведенного сечения

Коэффициент:

$$a_n = E_n / E_b = 206000 / 30000 = 6,86667 \text{ (формула (32); п. 4.28) .}$$

Коэффициент:

$$a_s = E_s / E_b = 200000 / 30000 = 6,66667 \text{ (формула (33); п. 4.28) .}$$

Сумма приведенных площадей сечения арматуры:

$$\begin{aligned} SA_{red} &= A_n \cdot a_n + A_s \cdot a_s + A'_s \cdot a'_s = \\ &= 191 \cdot 6,86667 + 153,938 \cdot 6,66667 + 153,938 \cdot 6,66667 = 3364,04166 \text{ мм}^2 \text{ (формула (36); п. 4.28) .} \end{aligned}$$

Статический момент площади A_{red} относительно крайней сжатой грани плиты:

$$\begin{aligned} S_{red} &= A_n \cdot a_n \cdot (y_{n2} + h_f) + A_s \cdot a_s \cdot (h - a) + A'_s \cdot a'_s \cdot a' = \\ &= 191 \cdot 6,86667 \cdot (32,8 + 60) + 153,938 \cdot 6,66667 \cdot (110 - 25) + 153,938 \cdot 6,66667 \cdot 25 = 234598,27553 \text{ мм}^3 . \end{aligned}$$

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до крайней сжатой грани бетона:

$$x = -SA_{red}/b_f + (SA_{red}/b_f)^2 + 2 S_{red}/b_f = -3364,042/150 + (3364,042/150)^2 + 2 \cdot 234598,3/150 = 37,83038 \text{ мм (формула (34); п. 4.28).}$$

$$\text{Т.к. } x = 37,83038 \text{ мм} < h_f = 60 \text{ мм} :$$

Момент инерции приведенного сечения:

$$I_{red} = b_f x^3/3 + a_n I_n + a_n A_n (y_{n2} + h_f - x)^2 + a_s A_s (h - a - x)^2 + a_s A'_s (x - a')^2 = 150 \cdot 37,83038^3/3 + 6,86667 \cdot 45300 + 6,86667 \cdot 191 \cdot (32,8 + 60 - 37,83038)^2 + 6,66667 \cdot 153,938 \cdot (110 - 25 - 37,83038)^2 + 6,66667 \cdot 153,938 \cdot (37,83038 - 25)^2 = 9433420,47041 \text{ мм}^4 .$$

Кривизна от нагрузок кратковременного действия:

$$1/\gamma_1 = (M_{n, span1} f_{b2}) / (I_{red} E_b f_{b1}) = (3244218 \cdot 1) / (9433420 \cdot 30000 \cdot 0,85) = 0,000013487 \text{ 1/мм (формула (27); п. 4.26).}$$

Изгибающий момент от нормативной нагрузки длительного действия на 1 м ширины плиты:

$$M_{n2} = M (1 - k_v) = 21628120 \cdot (1 - 1) = 0 \text{ Н мм} .$$

Изгибающий момент от нормативной нагрузки длительного действия в расчетном сечении:

$$M_{n, span2} = M_{n2} b_f / 1000 = 0 \cdot 150 / 1000 = 0 \text{ Н мм} .$$

По п. 4.21 СНиП 2.03.01

Влажность воздуха - от 40 до 75%.

Коэффициент:

$$f_{b2} = 2 .$$

Кривизна от нагрузок длительного действия:

$$1/\gamma_2 = (M_{n, span2} f_{b2}) / (I_{red} E_b f_{b1}) = (0 \cdot 2) / (9433420 \cdot 30000 \cdot 0,85) = 0 \text{ 1/мм (формула (27); п. 4.26).}$$

Расчетная кривизна:

$$1/\gamma = 1/\gamma_1 + 1/\gamma_2 = 0,000013487 + 0 = 0,000013487 \text{ 1/мм (формула (28); п. 4.26).}$$

Прогиб плиты перекрытия от действия нагрузок в стадии эксплуатации:

$$f_{rc} = (1/\gamma) s L^2 = (0,000013487) \cdot 0,125 \cdot 1500^2 = 3,79322 \text{ мм (формула (26); п. 4.25).}$$

Коэффициент жесткости анкера:

$$e_a = 0,15 n_{ан} d E_b = 0,15 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 30000 = 54000 \text{ кН/м (формула (31); п. 4.27).}$$

Наибольший изгибающий положительный момент в пролете от нормативной нагрузки, при котором определяется прогиб, без учета собственной массы:

$$M_{n, span} = M_{n, span1} + M_{n, span2} = 3244218 + 0 = 3244218 \text{ Н мм} .$$

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

Сдвиг настила относительно бетона:

$$D = (M_{n, \text{span}} A_n) / (e_a (h_0 - 0,5 x) (A_n + A_s)) = \\ = (3244218 \cdot 191) / (54000 \cdot (87,91977 - 0,5 \cdot 15,45563) \cdot (191 + 153,938)) = 0,41484 \text{ мм (формула (30); п. 4.27).}$$

Коэффициент:

$$k' = 1,5 .$$

Кривизна от податливости анкерных связей:

$$1/\Gamma_{\text{add}} = k' D / (0,75 L \cdot h_0) = \\ = 1,5 \cdot 0,41484 / (0,75 \cdot 1500 \cdot 87,91977) = 0,000006291 \text{ 1/мм (формула (29); п. 4.27).}$$

f_{add} определяется по формуле (26) при $s = 1/8$

Коэффициент:

$$s = 0,125 .$$

Дополнительный прогиб плиты податливости анкерных связей:

$$f_{\text{add}} = (1/\Gamma_{\text{add}}) s L^2 = \\ = (0,000006291) \cdot 0,125 \cdot 1500^2 = 1,76934 \text{ мм (формула (26); п. 4.25).}$$

Прогиб плиты перекрытия:

$$f_m = f_{rc} + f_{\text{add}} = 3,79322 + 1,76934 = 5,56256 \text{ мм .}$$

Относительный прогиб равен $(1/85) L$.

Прогиб проверяется – по эстетико-психологическим требованиям СНиП “Нагрузки и воздействия”.

Высота помещений – не более 6 м.

Величина обратная к предельному значению относительного прогиба $1/[f/L]$ принимается по табл. в зависимости от L

$$k_f = 127,5 .$$

$f_m = 5,56256 \text{ мм} < = (1/k_f) L = (1/127,5) \cdot 1500 = 11,76471 \text{ мм (47,28176\% от предельного значения)}$ – условие выполнено .

| | |
|----------------|--|
| Взам. | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм | Кол. | Лист | № док | Подпись | Дата |