

Введение

Курсовая работа по дисциплине «Металлические конструкции включая сварку» является разновидностью реального проектирования, выполняемого по упрощенным исходным данным. Она способствует более глубокому освоению материала курса.

Задание на курсовую работу предусматривает разработку упрощенной технической документации стадий КМ (конструкции металлические) и КМД (конструкции металлические, детализовка) одноэтажного однопролетного производственного здания, оборудованного двумя мостовыми кранами режима работы 1К...8К, грузоподъемностью до 200 тонн. Тема и состав курсовой работы могут быть изменены или дополнены по указанию руководителя. Цель курсовой работы:

- освоение принципов и методов компоновки каркасов производственных зданий с учетом предъявляемых к ним технико-экономических и эксплуатационных требований;
- приобретение навыков в составлении расчетных схем сооружений и их конструктивных элементов;
- решение вопросов, связанных с назначением материала элементов и узловых соединений;
- проведение необходимых конструктивных и силовых расчетов, расчетов для обеспечения достаточной прочности, жесткости и устойчивости, как всего сооружения, так и отдельных его конструктивных частей;
- освоение методов графического изображения проектируемых конструкций в составе всего сооружения с детальной проработкой узлов соединения отдельных конструктивов - стадия КМ;
- освоение методов графического изображения отправочных марок проектируемых конструкций с детальной проработкой узлов соединения элементов - стадия КМД;

- составление спецификаций монтируемых элементов в составе всего возводимого комплекса сооружения;
- составление спецификаций на одну отправочную марку строительной конструкции;
- приобретение навыков в самостоятельной работе со специальной, нормативной и справочной литературой.

Методическое пособие разработано на основе программы по курсу «Металлические конструкции включая сварку» для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 08.03.01 Строительство. Руководство может быть использовано при выполнении выпускной квалификационной работы.

1 Состав курсовой работы

Курсовая работа включает в себя графическую часть и пояснительную записку к ней.

Графическая часть состоит из:

- технического решения каркаса в целом, его отдельных конструктивных элементов с детальной проработкой узлов, соединений и сопряжения элементов каркаса (стадия КМ).
- детализованного чертежа какой-либо отправочной марки элемента каркаса (стадия КМД).

Графическая часть может выполняться в карандаше или с использованием графических программ для ПК.

Все расчеты стадии КМ и КМД размещаются в расчетно-пояснительной записке. Кроме того, в записке приводятся указания по монтажу, транспортировке и эксплуатации конструкций. В конце пояснительной записки приводится список литературы, использованной при выполнении курсовой работы.

Состав разделов, выполняемых в работе:

1. Графическая часть

- компоновочные схемы каркаса в масштабе 1:100-1:200;
- поперечная рама с проекциями КМ в масштабе 1:50-1:100;
- узлы сопряжения ригеля с колонной, опирания подкрановой балки на колонну, колонны на фундамент в масштабе 1:50-1:100;
- чертежи КМД отправочного элемента в масштабе 1:20-1:100.

2. Пояснительная записка

- компоновка (конструктивный расчет) каркаса; силовой расчет поперечной рамы;
- конструктивный и силовой расчеты заданного элемента;
- конструктивное решение связей шатра и связей по колоннам;
- конструктивное решение фахверка.

2 Последовательность выполнения курсовой работы

Курсовое проектирование осуществляется в той же последовательности, что и проектирование реальных объектов. При его выполнении необходимо обязательно пользоваться нормативной, справочной и технической литературой. Ниже приведена последовательность работ.

2.1 Проектное задание

Исходные данные для проектирования выбираются из раздела «Задание на проектирование» данного пособия или из задания, выданного преподавателем.

Изучается специальная литература для знакомства с особенностями технологического процесса и требованиями при проектировании данного объекта.

2.2 Рабочий проект стадии КМ (конструкции металлические)

Цель данной стадии – конструктивные решения каркаса в целом и его отдельных элементов. Она достигается выполнением компоновки каркаса и силовых расчетов.

2.3 Компоновка каркаса

- компоновка схемы каркаса в одном или двух вариантах. При этом необходимо:

а) определить тип поперечной рамы и назначить ее генеральные размеры (пролет, высоту колонн);

б) назначить шаг поперечных рам;

в) назначить и разместить остальные элементы каркаса (связи, подкрановые балки, фахверковые стойки) и принять соответствующие типы поперечных сечений элементов;

г) решить узловые соединения элементов каркаса. Общие указания по компоновке каркаса приведены ниже.

2.4 Силовые расчеты

Все расчеты приводятся в следующей последовательности:

- сбор нагрузок на поперечную раму, согласно требованиям [СП 20.13330.2016(28.01.2019) Нагрузки и воздействия];

- составление расчетной схемы рамы с назначением жесткостных характеристик составных частей рамы (ригеля и колонны) согласно указаниям [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»];

- расчет рамы любым методом строительной механики с применением программы Лира 9.0, других программных комплексов или справочных руководств;

- определение расчетных комбинаций усилий (M , N , Q) в элементах рамы от действующих нагрузок [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»];

- выполнение силового расчета заданного элемента; расчет узлов;

Компоновка сечений элементов каркаса осуществляется согласно рекомендаций литературы [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»]. Все силовые расчеты выполняются с применением методов строительной механики и сопротивления материалов.

3 Рабочий проект стадии КМД (конструкции металлические детализировка)

Цель данной стадии – детализировочное решение отдельных конструктивных элементов с учетом технологии их изготовления. Для этого необходимо:

- выполнить все расчеты узловых соединений в пределах конструктивного элемента;
- указать все соединительные элементы и выполнить расчет всех соединительных элементов данной конструкции с остальными элементами каркаса.

Все расчеты проводить согласно требованиям [СП 16.13330.2017 Стальные конструкции].

3.1 Компоновка каркаса

При компоновке каркаса пользоваться лекцией «Одноэтажные производственные здания», данной методичкой и учебником под редакцией Веденникова Г.С. «Металлические конструкции»

Каркас – комплекс несущих конструкций, воспринимающих и передающих на фундамент нагрузки от веса несущих и ограждающих конструкций, технологические воздействия, атмосферные нагрузки и температурные воздействия.

Компоновка каркаса включает разбивку сетки колонн с соответствующей привязкой к продольным и поперечным разбивочным осям

здания. Сетка колонн – расположение их в плане. Расстояние между колоннами (поперек здания (L) – пролет, вдоль здания (B) – шаг) увязываются с технологическими условиями производства и требованиями «Единой модульной системы».

Величина пролета (L) определяется исходя из заданного пролета крана (L_K) и режима его работы, условий привязки колонн к продольным осям здания. Указания по определению L приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1 - Рекомендуемые размеры высоты сечения колонны

Тип колонны	Высота	Размер сечения h_B
Постоянное сечение	$H \leq 8$	$h_B = h_H = (1/10 \dots 1/15) \cdot H$
	$8 \leq H \leq 12$	$h_B = h_H = (1/15 \dots 1/17) \cdot H$
	$12 \leq H \leq 20$	$h_B = h_H = (1/16 \dots 1/20) \cdot H$
Ступенчатая надкрановая	$2 \leq H \leq 4$	$h_B = (1/8 \dots 1/10) \cdot H_B$
	$H_B \geq 4$	$h_B = (1/10 \dots 1/12) \cdot H_B$
Ступенчатая подкрановая	$10 \leq H_H$	$h_H = (1/10 \dots 1/15) \cdot H_H$
	$10 \leq H_H \leq 20$	$h_H = (1/15 \dots 1/20) \cdot H_H$

В таблице:

$h_в, h_н$ – соответственно, высота сечения верхней и нижней частей колонны;

$H_в, H_н$ – соответственно, высота верхней и нижней частей колонны.

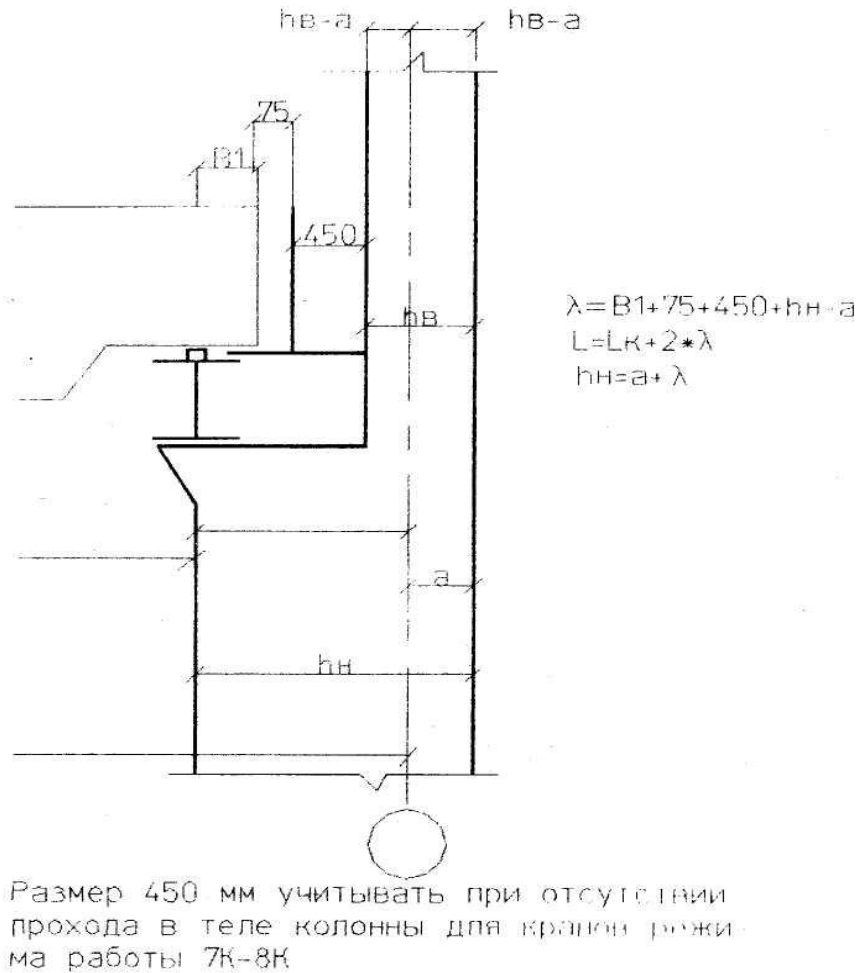


Рисунок 1 – Определение горизонтальных размеров

Шаг колонн назначается студентом самостоятельно в пределах 6 или 12 м (его размер определяют на основании проведения технико-экономического сравнения вариантов конструктивных схем каркаса при различных величинах шага). Как правило, при $L \geq 30$ м и $H \geq 14$ м с кранами $Q \geq 50$ т выгоднее шаг 12 м, при $L < 30$ м, $H < 14$ м, $Q < 50$ т – шаг 6 м.

Пролет и шаг колонн здания должны быть кратны 6 метрам.

Во избежание возникновения значительных температурных напряжений в элементах каркаса при изменении температуры необходимо в здании устраивать температурные швы – поперечные в однопролетном здании, поперечные и продольные в многопролетном здании. Устройство температурных швов должно выполняться согласно требованиям.

Следующим этапом компоновки является определение вертикальных габаритов здания; H_0 – полезная высота цеха; H – полная высота колонны рамы от низа ригеля до низа базы. H_0 должна быть кратна высоте ограждающих конструкций. При определении H_n необходимо учитывать заглубление опорной плиты башмака колонны на 600...1000 мм ниже нулевой отметки. Одновременно с определением H назначаются высота и тип поперечного сечения колонны.

Завершающий этап компоновки каркаса – назначение продольных элементов (связей, подкрановых конструкций, кровельных прогонов или ребер стальных кровельных панелей) и элементов фахверка.

Систему связей подразделяют на связи покрытия (шатра) и связи между колоннами.

В систему связей покрытия входят:

- связи по верхним поясам ферм;
- связи по нижним поясам ферм,
- вертикальные связи по фермам;
- связи по фонарям при наличии последних.

В систему связей между колоннами входят

- верхние вертикальные связи, устанавливаемые в надкрановой части колонны (выше подкрановых балок),
- нижние вертикальные связи, устанавливаемые в подкрановой части колонны (ниже подкрановых балок).

Верхние связи устанавливаются у торцов здания или температурного блока, а также над нижними связями. Нижние системы связей

устанавливаются только в середине температурного блока, согласно требованиям [СП 16.13330.2017 Стальные конструкции].

Указания по компоновке и конструктивному оформлению связей приведены в [СП 16.13330.2017 Стальные конструкции].

Для восприятия ветрового давления на стены и поддержания стенового ограждения при длине панелей менее шага рам в продольных рядах, а также заполнения торцевого проема служат конструкции фахверка.

Фахверк продольных стен. При шаге колонн по наружному ряду более b м, для использования стеновых панелей длиной b м между рамами устанавливают стойку фахверка. Нижний конец стойки крепится на фундамент, а верхний конец с помощью пластинчатого шарнира к поясу связевой продольной фермы, расположенной в уровне нижних поясов стропильных ферм. Реакция опоры верхнего конца фахверка через продольные связи передается на несущую раму;

Торцевой фахверк. Устройство торцевого фахверка аналогично устройству фахверка в продольных стенах. Крепление верхнего конца торцевого фахверка осуществляется через пластинчатый шарнир к поясу поперечных связевых ферм расположенных в уровне нижних поясов стропильных ферм. Шаг стоек фахверка должен быть равен (или кратен) длине (ширине) ограждающих конструкций.

Указания по компоновке фахверка приведены в [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»].

Важным продольным элементом каркаса производственного здания являются подкрановые балки. Они служат для восприятия и передачи на колонны каркаса нагрузок от мостовых кранов, а также играют роль распорок в системе вертикальных связей по колоннам. Как правило, из условий скоростного монтажа, применяют разрезные подкрановые балки с пролетом, равным шагу поперечных рам. Расстояние между соседними рядами подкрановых балок равно пролету мостового крана. Высота подкрановой балки при компоновке каркаса назначается в пределах $1/8 \dots 1/10$ ее пролета.

Указания по компоновке и конструктивному оформлению подкрановых балок приведены в [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»].

Назначение конструктивных схем прогонов или ребер кровельных панелей осуществляется студентом самостоятельно, исходя из конкретного варианта кровли, определяемого типом здания (холодное или отапливаемое). Компоновка схем прогонов или ребер кровельных панелей осуществляется согласно требованиям [1].

Общие принципы компоновки каркаса здания и его поперечной рамы приведены в [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»]. На рисунке 2 показан пример компоновки поперечной рамы однопролетного производственного здания с мостовым краном.

Руководствуясь указанными выше принципами компоновки каркаса, студент в пояснительной записке дает компоновочные схемы (планы и разрезы) расположения поперечных и продольных элементов каркаса с их привязкой к осям здания. Схемы сопровождаются необходимыми конструктивными расчетами [Веденников Г.С. «Металлические конструкции»].

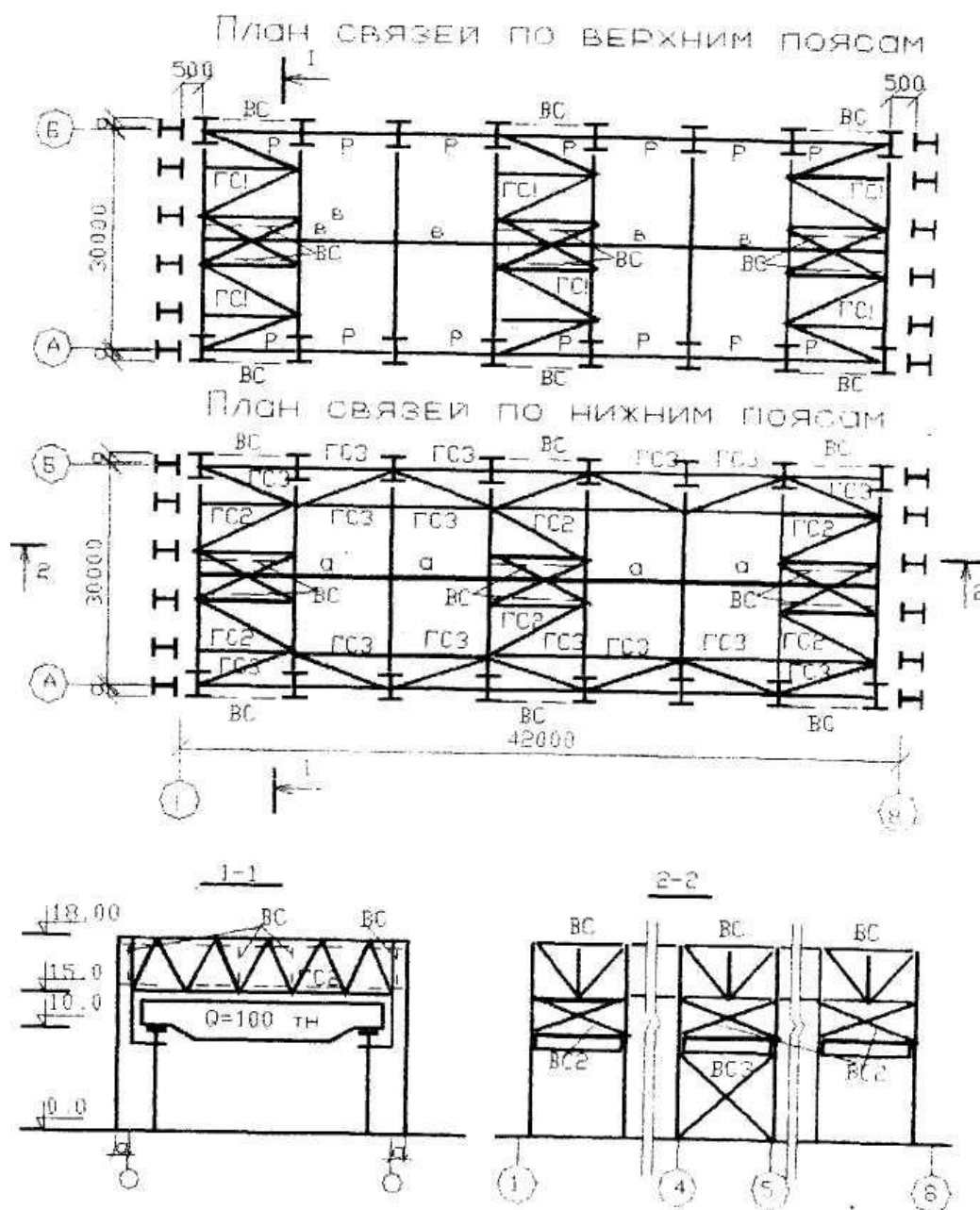


Рисунок 2 – Компоновочная схема здания

3.1.1 Пример компоновки каркаса

1) Определение типа поперечной рамы и назначение её генеральных размеров.

Компоновку поперечной рамы начинаем с установления габаритных основных размеров элементов конструкций в плоскости рамы. Размеры по вертикали привязываем к отметке уровня пола, принимая её нулевой. Размеры по горизонтали привязываем к продольным осям здания.

2) Определение вертикальных размеров поперечной рамы

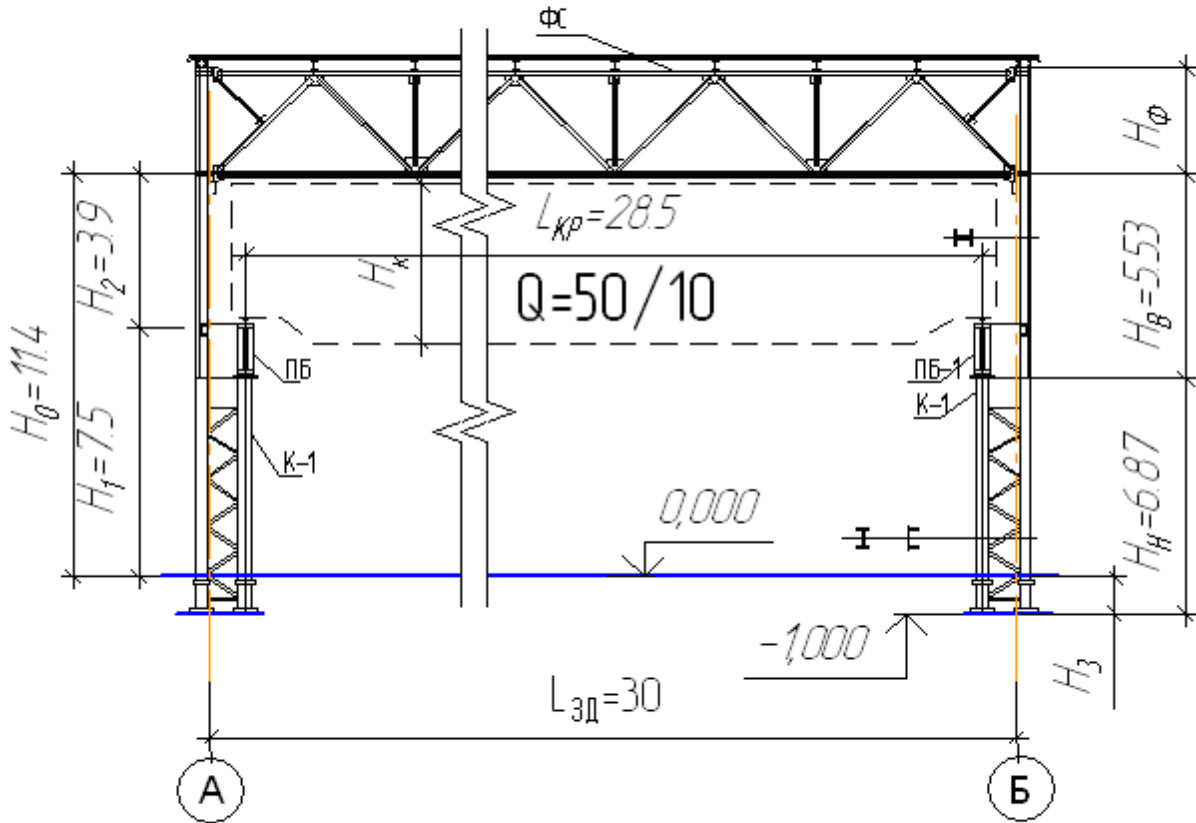


Рисунок 3 – Схема поперечной рамы

Расстояние от уровня пола до головки кранового рельса $H_1 = 7500 \text{ мм}$
(задаётся по условиям технологического процесса);

Расстояние от головки кранового рельса до низа несущих конструкций:

$$H_2 = H_K + 100 + f ;$$

где $H_k + 100$ – расстояние от головки кранового рельса до верхней точки тележки крана плюс установленный по требованиям ТБ зазор между этой точкой и строительными конструкциями, равный 100 мм.

$H_k = 3150_{\text{мм}}$ принимаем по приложению 1 [5];

f – размер, учитывающий прогиб конструкций покрытия (по табл.19 [1])

$$f = \frac{l_{\text{зд}}}{300} = \frac{30000}{300} = 100_{\text{мм}};$$

$$H_2 = H_k + 100 + f = 3150 + 100 + 100 = 3350_{\text{мм}};$$

Окончательно размер H_2 принимается обычно кратным 200 мм.

Принимаем $H_2 = 3,4_{\text{м}}$.

Определяем полезную высоту цеха

$$H_0 = H_2 + H_1 = 3,4 + 7,5 = 10,9_{\text{м}};$$

Размер H_0 окончательно принимаем равным 11400 м, кратным 1,8 м.

Уточним размер H_2 :

$$\text{Окончательно } H_2 = H_0 - H_1 = 11400 - 7500 = 3900_{\text{мм}}$$

Устанавливаем размеры верхней части колонны H_6 :

$$H_6 = h_{\text{нб}} + h_{\text{кр}} + H_2 = 1500 + 130 + 3900 = 5530_{\text{мм}};$$

$h_{\text{кр}}$ – высота кранового рельса – принимаем 130 мм по приложению 1 [5];

h_3 – высота заделки (принимаем 0,6...1 м);

$h_{\text{нб}}$ – высота подкрановой балки по приложению 1 [5], принимаем 1500 мм;

Устанавливаем размеры нижней части колонны H_n :

$$H_n = H_0 - H_6 + h_3 = 11400 - 5530 + 1000 = 6870_{\text{мм}};$$

Принимаем высоту фермы из условий: если пролёт здания 30...36 м, то

$$H_{\phi} = 3,15_{\text{м}}$$

Полная высота колонны:

$$H = H_6 + H_n = 5530 + 6870 = 11400_{\text{мм}}$$

3) Определение горизонтальных размеров поперечной рамы

Принимаем привязку колонн: $a = 250\text{мм}$, т.к. $Q = 50\text{т}$.

Вычисляем пролёт здания $L_{зд}$:

$$L_{зд} = L_{кр} + 2 \cdot \lambda;$$

где, $\lambda = B_1 + 75 + (h_g - a) = 300 + 75 + (500 - 250) = 625\text{мм}$, принимаем кратно $0,250\text{м}$, т.е. $\lambda = 750\text{мм}$,

B_1 – по приложению 1 [5];

$h_g = 0,5\text{м}$ – принимаем по конструктивным требованиям, кратно $\frac{1}{12}H_g$);

$$L_{зд} = L_{кр} + 2 \cdot \lambda = 28,5 + 2 \cdot 0,750 = 30\text{м};$$

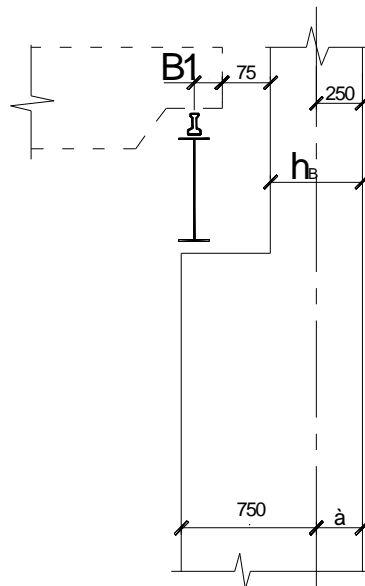


Рисунок 4 – Геометрические размеры колонны

Высота нижней части колонны:

$$h_n = \lambda + a = 0,750 + 0,250 = 1\text{м};$$

Необходимо чтобы выполнялись условия:

$$h_g = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{15} \right) \cdot H_g; \quad 0,5\text{м} = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{15} \right) \cdot 5,03\text{м};$$

$$h_n > \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{12} \right) \cdot H_n; \quad 1\text{м} > \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{12} \right) \cdot 6,87\text{м};$$

Условия выполняются.

4) Составление расчётной схемы рамы

Расчётная длина пролёта здания:

$$L_p = L_{зд} - 2 \cdot \left(\frac{h_n}{2} - a \right) = 30000 - 2 \cdot \left(\frac{1000}{2} - 250 \right) = 29500 \text{ мм};$$

Принимаем моменты инерции для нижней части колонны, верхней части колонны и для ригеля из условий: $\frac{I_n}{I_e} = 5 \dots 10$; $\frac{I_p}{I_e} = 10 \dots 60$;

$I_n = 5$ – момент инерции нижней части колонны

$I_e = 1$ – момент инерции верхней части колонны

$I_p = 20$ – момент инерции ригеля

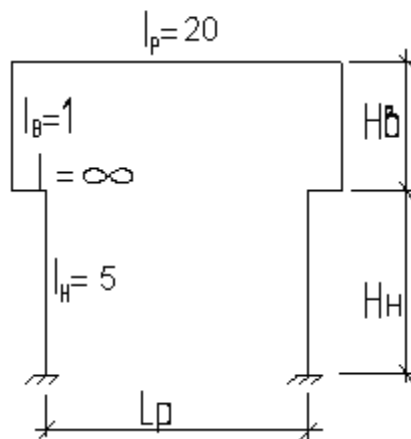


Рисунок 5 – Расчетная схема рамы

3.2 Особенности расчета поперечной рамы

Для определения усилий в элементах рамы необходимо создать конструктивную схему поперечной рамы, собрать действующие на нее нагрузки, выполнить статический расчет с применением методов строительной механики и выявить комбинации нагрузок, дающие наиболее невыгодные расчетные сочетания усилий для каждого элемента и узла.

При расчете конструктивную схему приводят к расчетной. Расчетная схема – условная схема, которой заменяют реальное сооружение или конструкцию при их расчете. Каждый конструктивный элемент в расчетной схеме изображают одной осевой линией с идеализированными соединениями в узлах. Геометрическая ось ригеля – ось нижнего пояса фермы при жестком ее креплении к колонне или линия, соединяющая центры опорных шарниров при шарнирном креплении. Осевая линия колонн проходит через середину высоты сечения подкрановой и надкрановой частей колонны. Для производственных зданий, из-за наличия кранового оборудования, принимается жесткое замещение колонны в фундаменте в плоскости рамы. На расчетной схеме указываются геометрические длины и жесткости (или их соотношения) для всех входящих в ее состав элементов, действующие нагрузки. Расчетная схема изображается в пояснительной записке.

Примеры расчетных схем приведены на рисунке 6. Указания по составлению расчетной схемы для различных конструктивных поперечников приведены в [5].

При расчете рамы усилия в ее элементах определяются от каждого расчетного значения нагрузки отдельно. Это связано с тем, что для различных элементов и узлов наиболее опасным могут быть разные сочетания нагрузок.

3.2.1 Нагрузки на раму

Постоянные нагрузки на ригель рамы принимаются обычно равномерно распределенными по длине ригеля (рис. 6). Величину расчетной постоянной нагрузки на 1 м^2 покрытия удобно определять в табличной форме (табл. 2).

Расчетное значение нагрузки определяется умножением нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке:

$$N_I = N_n \cdot \gamma_f \quad \text{или} \quad q_I = q_n \cdot \gamma_f.$$

Таблица 2 – Сбор нагрузок на 1 м² покрытия

Наименование нагрузки	Нормативное значение (q_n), $кН/м^2$	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетное значение (q_l), $кН/м^2$
Все несущие и ограждающие слои кровли			
	$\sum q_{ni}$		$\sum q_{li}$

В суммарную нагрузку входят: нагрузки от всех слоев кровли, конструкции фермы, фонаря, связей шатра. Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f определяются согласно требованиям нормативной литературы [3]. Типом кровли задаются в зависимости от того, отапливаемое здание или нет.

Линейная нагрузка g_l собирается с грузовой площади, приходящейся на рассматриваемую раму [5]. При определении линейной нагрузки на ригель рамы необходимо учесть угол наклона верхнего пояса ригеля к горизонту:

$$g = \frac{\sum q_{li} \cdot B}{\cos \alpha};$$

где B – шаг рамы, м;

$\sum q_{li}$ – равномерно распределенная по площади кровли нагрузка;

α – угол наклона верхнего пояса ригеля к горизонту.

Остальные постоянные нагрузки прикладываются в виде сосредоточенных сил, действующих по осям элементов рамы (рис. 6). Это нагрузки от веса верхней и нижней частей колонны и стенового ограждения, если последние не самонесущие. Собственная масса несущих и ограждающих конструкций элементов приведена в справочной литературе.

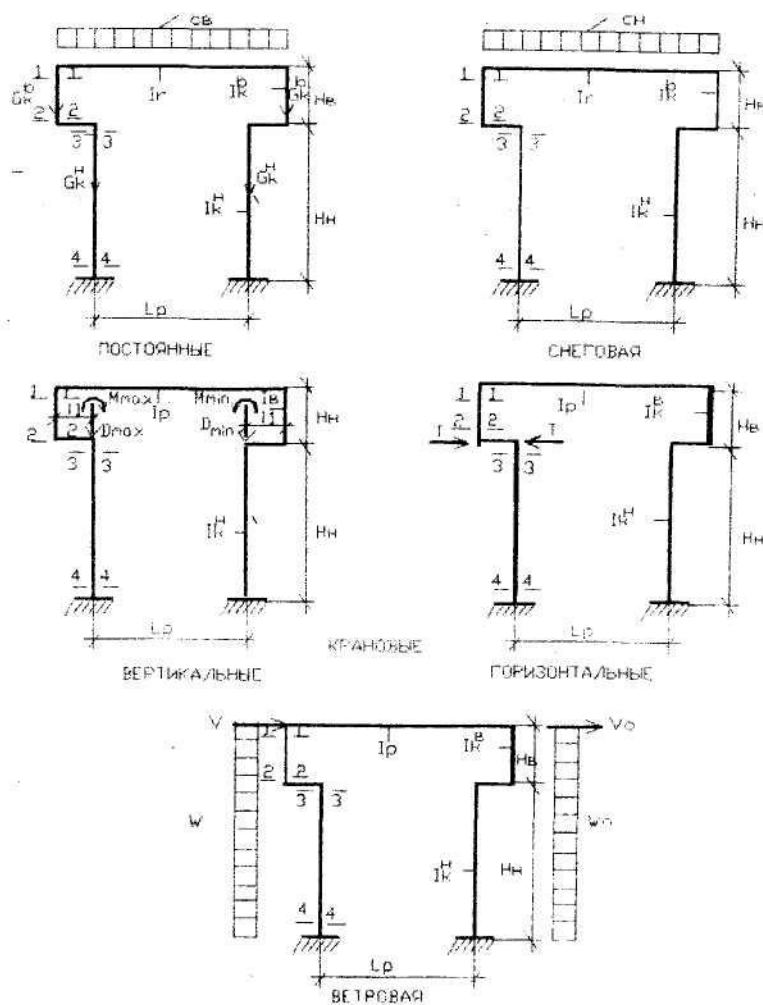


Рисунок 6 – Расчетные схемы рамы при различных загружениях

Нагрузки от мостовых кранов принимаются в виде сосредоточенных сил от двух сближенных кранов, приложенных по оси подкрановой балки (D_{min} и D_{max}); в уровне головки кранового рельса поперек кранового пути (T). Условно принимается, что T передается на одну балку кранового пути и может быть направлена как внутрь, так и наружу здания.

В практических примерах расчета D_{max} и D_{min} прикладывают по оси подкрановой части колонны. Эксцентricность их приложения учитывают дополнительными моментами:

$$M_{max} = e \cdot D_{max}; \quad M_{min} = e \cdot D_{min};$$

где e – расстояние между осью подкрановой балки и центром тяжести нижней части сечения колонны.

Если колонна сквозная, можно принимать $e = \frac{h_n}{2}$ (h_n – высота сечения нижней части колонны).

Усилие T прикладывают в уступе колонны. Пример приложения крановых нагрузок приведен на рисунке 6.

Нормативное значение D_{max}^n определяют по линиям влияния опорной реакции двух смежных подкрановых балок, опирающихся на колонну рассматриваемой рамы. Подкрановые балки загружены вертикальными нагрузками давления колес крана P_{max} . Последние определяются по требованиям [5]. При определении D_{max}^n необходимо сближенные краны размещать так, чтобы одно из колес крана располагалось над продольной осью колонны, а остальные находились вблизи этой оси.

При том же положении кранов определяются P_{min} и D_{min}^n . При определении D_{min}^n , P_{min} принимают равным:

$$P_{min} = \frac{G+Q}{n} - P_{max};$$

где Q – грузоподъемность крана, кН;

G – масса крана с тележкой, кН;

n – число колес крана с одной стороны.

Величину T горизонтальной поперечной тормозной силы определяют согласно требованиям [5], передавая ее на одну сторону кранового пути равномерно распределенной между всеми колесами крана с одной стороны.

Снеговая нагрузка на ригель рамы определяется по требованиям [3] в зависимости от района строительства. При расчете нормативного значения снеговой нагрузки необходимо учитывать профиль крыши согласно приложениям [3].

Ветровая нагрузка, действующая на стены и, в отдельных случаях, на кровлю здания, определяется согласно требованиям [8] в зависимости от района строительства. Ветровая нагрузка складывается из активного давления с наветренной стороны и отсоса с подветренной стороны здания.

Ветровая нагрузка принимается линейно распределенной на расчетную высоту рамы. Ветровая нагрузка, действующая на элементы расположенные выше оси нижнего пояса ригеля, прикладывается к раме в виде сосредоточенной силы.

Примеры расчета снеговой и ветровой нагрузки приведены в [5], загрузки рамы различными нагрузками – на рисунке 6.

3.2.2 Моменты инерции элементов рамы

Для определения усилий в элементах рам необходимо задаться отношениями их моментов инерции. Опыт проектирования позволил установить значения данных отношений [5].

$$\frac{I_p}{I_b} = 10 \dots 60; \frac{I_n}{I_b} = 5 \dots 10;$$

где I_n – момент инерции нижней части колонны;

I_b – момент инерции верхней части колонны;

I_p – момент инерции ригеля.

После подбора сечений элементов каркаса необходимо определить фактические отношения $\frac{I_p}{I_b}$, $\frac{I_n}{I_b}$ и сравнить с предварительно принятыми для расчета рамы. Отличие не более чем на 30% практически не сказывается на величине расчетных усилий в элементах рамы. При большем отличии необходимо провести статический расчет рамы вновь, принимая фактические $\frac{I_p}{I_b}$ и $\frac{I_n}{I_b}$. По вновь полученным значениям расчетных усилий, необходимо подобрать поперечные сечения элементов рамы.

3.2.3 Расчетные усилия в элементах рамы

Полученные тем или иным методом расчета внутренние усилия в элементах рамы сводят в результирующую таблицу, форма которой и правила ее заполнения приведены в [5]. Последняя является основанием для определения расчетных усилий в элементах рамы.

Расчетные усилия – комбинация возможных сочетаний внутренних усилий от действия внешних нагрузок. При расчете элементов рам необходимы следующие виды комбинаций:

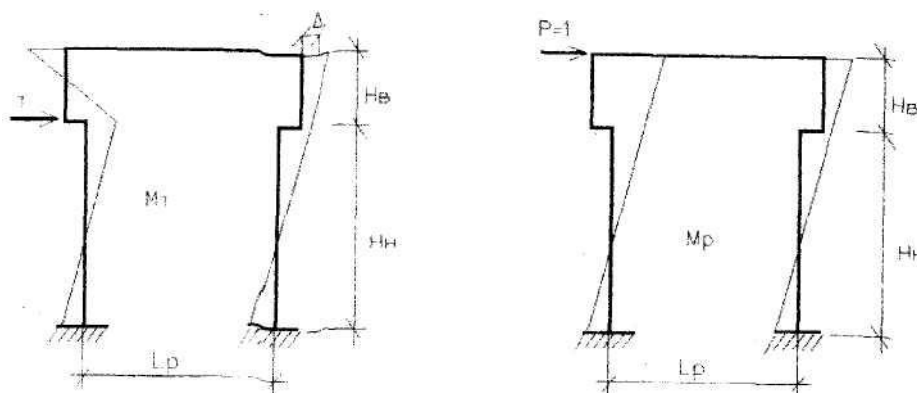
$$1) \pm M_{max}; N_{соотв} \quad 2) N_{max}; \pm M_{соотв} \quad 3) N_{min}; \pm M_{соотв}; \quad 4) Q_{max}.$$

Комбинации 1, 2 применяются как при расчете ригеля, так и стоек рамы, комбинация 3 – при расчете анкерных болтов базы стоек, комбинация 4 – при расчете решетки или стенки колонн.

При определении комбинаций усилий необходимо руководствоваться следующим:

1. Вертикальное и горизонтальное воздействие кранов может рассматриваться только одновременно;
2. При рассмотрении обратно симметричных нагрузок учитывается только одно, наиболее неблагоприятное их действие (ветровая нагрузка не может иметь одновременно направление \rightarrow и \leftarrow);
3. Комбинации нагрузок составляются с учетом основного и особого сочетаний [3].

Входящие в каждое из этих сочетаний внутреннее усилие должно быть принято со своим коэффициентом сочетания [3]. Расчетные усилия (комбинации усилий) помещаются в таблице 3. Они определяются, как правило, для 4-х сечений стоек рамы (рис. 6). Прочерки в таблице означают, что таких комбинаций нагрузок быть не может.



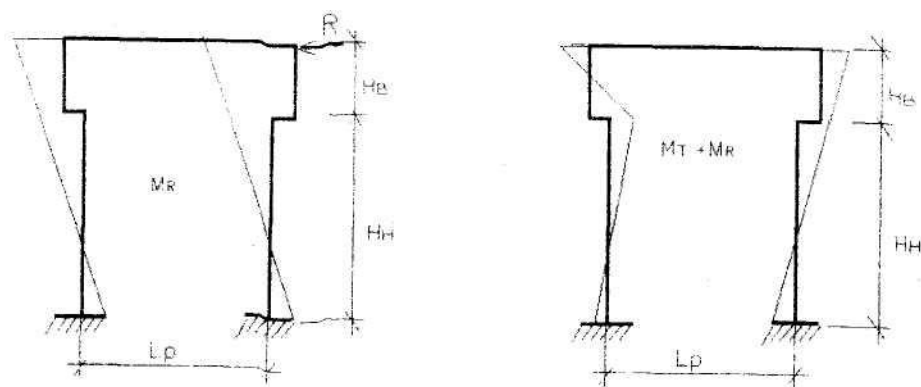


Рисунок 7 – Учет пространственной работы каркаса (от силы T)