

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
Высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине

«Специальные металлические конструкции»

по направлению 08.04.01 «Строительство»

направленность (профиль) «Теория и проектирование зданий и сооружений»

Ставрополь

Содержание

<i>Введение</i>	3
<i>Практическое занятие 1. Компоновка стропильной фермы покрытия</i>	4
<i>Практическое занятие 2. Выбор расчетной схемы стропильной фермы покрытия. Сбор нагрузок на стропильную ферму</i>	8
<i>Практическое занятие 3. Определение расчетных усилий в элементах фермы</i>	11
<i>Практическое занятие 4. Расчетные длины элементов стропильной фермы</i>	14
<i>Практическое занятие 5. Выбор стали. Выбор типа уголковых сечений стропильной фермы</i>	17
<i>Практическое занятие 6. Подбор сечений сжатых элементов стропильной фермы</i>	21
<i>Практическое занятие 7. Подбор сечений растянутых элементов фермы</i>	28
<i>Практическое занятие 8. Расчет и конструирование промежуточных узлов стропильной фермы</i>	36
<i>Практическое занятие 9. Расчет и конструирование укрупнительных узлов стропильной фермы</i>	39
<i>Литература</i>	47
<i>Приложения</i>	49

ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях к каждой теме даются: краткий теоретический материал с необходимыми формулами и разъяснениями, предлагаются контрольные задачи для решения на практических занятиях или самостоятельного решения и вопросы для закрепления разобранного материала. В приложениях приведен необходимый справочный материал, который требуется при решении задач.

Одним из возможных и рациональных методов достижения этой цели может быть, по нашему мнению, решение задач по расчету конструкций, включающих основные элементы, рассмотренные во время аудиторных занятий. Решение практических задач проектирования конструкций позволяет, прежде всего, оценить и закрепить умения и навыки студентов необходимые для их дальнейшей практической деятельности.

Практическое занятие 1

Компоновка стропильной фермы покрытия

Цель: научиться компоновать стропильную ферму покрытия.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

- знать компоновку стропильной фермы покрытия (ПК-6);
 - уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);
 - владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).
- Актуальность темы:* получение навыков в компоновке стропильной фермы покрытия и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Обычно для производственных зданий рекомендуют ориентироваться на типовые серии стропильных ферм из парных уголков. Для пролетов 18–36 м, приняты двускатные стропильные фермы покрытия с уклоном $i=1,5...2,5\%$ и высотой на опоре $h_{ro}=3150$ мм. При покрытиях, из стальных профилированных настилов, уложенных по прогонам, типовые серии ферм из парных уголков принимают пониженной высоты $h_{ro}=2250$ мм, для пролетов 18 и 24 м. Высоту фермы на опоре h_{ro} для всех заданных типов покрытий можно принимать и $h_{ro}=3150$ мм.

При отношении $\frac{H_0}{l} < 0,5$ необходимо устройство светоаэрационного продольного фонаря. Можно использовать и зенитные фонари и рассчитывать конструкции как в бесфонарных зданиях. Ширину фонаря для пролета 18 м принимают – 6 м, для больших пролетов – 12 м, а по длине делают разрыв не реже чем через 84 м, шириной не менее 6 м, или переходные пожарные лестницы. Высоту фонаря назначают в зависимости от требуемой освещенности. Обычно для фонарей шириной 6 м принимают одну ленту остекления 1250 мм, для фонарей шириной 12 м – две таких ленты или ленту высотой 1750 мм. Борт фонаря имеет высоту 600...800 мм, карниз – 300...400 мм.

При определении горизонтальных размеров ферм учитываются унифицированные привязки ферм к разбивочным осям при их шарнирном сопряжении с колоннами.

В типовых фермах эта привязка унифицирована и принята, $a=200$ мм.

Задания

Выполнить компоновку стропильной фермы покрытия. Исходные данные принять по таблице 1.1

Таблица 1.1 – Исходные данные

№ п/п	Пролет, м	Тип кровельного несущего покрытия	Сопряжение стропильной фермы покрытия с колоннами здания	Шаг стропильных ферм покрытия, м	Тип здания	Тип решетки стропильной фермы покрытия и тип сечения элементов	Место строительства, город
1	24.0	Беспрогонная, из крупно-размерных ж/б ребристых плит	Шарнирное	6,0	Бескрановое, отапливаемое	Треугольная, с дополнительными стойками к верхнему поясу и восходящими опорными раскосами, тип сечения элементов – из парных уголков	Ставрополь
2	30.0	То же	То же	12,0	Бескрановое, неотапливаемое	То же	Армавир

3	36.0	То же	То же	6,0	Бес- крано- вое, неотап- ливае- мое	То же	Красно- дар
4	24.0	С про- гонами и сталь- ными профи- лиро- ванны- ми ли- стами	То же	12,0	Бес- крано- вое, отап- ливае- мое	То же	Невин- номысск
5	30.0	То же	То же	6,0	Бес- крано- вое, отап- ливае- мое	То же	Белоре- ченск
6	36.0	То же	То же	12,0	Бес- крано- вое, отап- ливае- мое	То же	Нефте- горск

Вопросы

1. Какую высоту рекомендуют принимать для стропильной фермы покрытия промышленного здания на опоре?
2. От чего зависит пониженная высота на опоре стропильных ферм покрытия промышленного здания?
3. Какую привязку ферм к разбивочным осям рекомендуют в типовых сериях?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 2, 7.

Практическое занятие 2

Выбор расчетной схемы стропильной фермы покрытия. Сбор нагрузок на стропильную ферму

Цель: научиться выбирать расчетную схему стропильной фермы покрытия и собирать нагрузки на стропильную ферму.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

– знать расчетную схему стропильной фермы покрытия и сбор нагрузок на стропильную ферму (ПК-6);

– выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);

– владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в выборе расчетных схем и сбора нагрузок на стропильную ферму и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

В соответствии с нормами проектирования стальных, стропильных ферм покрытия при расчете ферм с элементами из уголков соединения элементов в узлах таких ферм допускается принимать шарнирными. Оси всех стержней ферм должны быть, как правило, центрированы во всех узлах. Центрирование стержней производят в сварных фермах по центрам тяжести сечений с округлением до 5 мм. В отличие от компоновочного решения ферм, в расчетной схеме, все элементы ферм заменяются стержнями с шарнирным сопряжением в узлах и центрированием на продольные оси поясов фермы.

Расчетную схему принимают в соответствии с ее компоновочным решением и указаниями п. 15.2 норм [8], предварительно решив вопрос о типе сечения элементов и узловых соединений.

Нагрузку, для определения внутренних усилий, прикладывают в узлы фермы в виде сосредоточенных сил.

На стропильные фермы могут действовать следующие виды нагрузок: постоянная; снеговая; ветровая; технологическая; особая.

В стропильных фермах с малым уклоном верхнего пояса (с i до 12%), ветровую нагрузку, как правило, не учитывают. Рассмотрим сбор нагрузок на стропильную ферму: постоянную и снеговую.

Постоянная нагрузка.

Нагрузку от кровли и собственного веса самих ферм и связей, в начале, рекомендуется собирать в табличной форме на 1 м^2 (см. в качестве примера таблицу 12.5 с. 356 и таблицу 11.3 с. 328 [1]). Затем эту нагрузку приводят к равномерно-распределенной, приложенной к верхнему поясу фермы и дальше к узловой.

Узловые силы от постоянной нагрузки определяют по формуле

$$F_i = q_0 B d \gamma_n,$$

где q_0 – расчетная постоянная нагрузка на 1 м^2 , кН;

B – шаг стропильных конструкций ферм, м;

d – расстояние между узлами верхнего пояса по горизонтали, м;

γ_n – коэффициент уровня ответственности, принимают по нормативным документам и в соответствии с заданием.

Опорные реакции при симметричном нагружении фермы, относительно середины ее пролета, находят суммированием всех узловых сил на верхний пояс фермы и делением их пополам.

$$F'_{AP} = (F'_{1p} + F'_{2p} + F'_{3p} + F'_{4p} \dots) / 2 \text{ кН.}$$

Снеговая нагрузка

Расчетные значения снеговой нагрузки, при отсутствии фонарных надстроек, определяют по формуле:

$$P = \gamma_n \mu S_g, \text{ кН/м}^2,$$

где S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 на горизонтальной поверхности земли, принимается по нормативным документам и зависит от района строительства [9];

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытия, принимается по нормативным документам.

Реакции опор от снеговой нагрузки определяются аналогично, как и от постоянных нагрузок.

Задания

Для выполненных компоновочных решений стропильных ферм выбрать расчетную схему и собрать постоянные и снеговые узловые нагрузки. Определить реакции опор.

Вопросы

1. Чем расчетная схема фермы отличается от конструктивной схемы?
2. Как выбирают расчетную схему фермы?
3. Как собирают постоянную нагрузку на ферму?
4. Как собирают снеговую нагрузку на ферму?
5. Как определяют реакции опор от постоянных и снеговых нагрузок?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 7, 8

Практическое занятие 3

Определение расчетных усилий в элементах фермы

Цель: научиться определять расчетные усилия в элементах стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

- знать определение расчетных усилий в элементах фермы (ПК-6);
- выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);
- владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в определении расчетных усилий в элементах фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Расчетные усилия.

Усилия в элементах ферм рекомендуют определять отдельно для каждого вида нагрузки, например, постоянной; временной длительной и кратковременной. Если на конструкцию действует особая нагрузка, например, сейсмическая, то определяют усилия и от нее. Силовой расчет ферм рекомендуют выполнять на ЭВМ.

Для определения усилий можно использовать любой метод строительной механики, а также использовать любые программы для ЭВМ, («SCAD», «LIRA», и др.). При невозможности выполнить расчет на ЭВМ усилия определяют графическим методом, который можно считать более удобным, то есть построением диаграмм Максвелла-Кремоны, или аналитическим – для ферм с параллельными поясами.

При уклоне поясов ферм 1,5 % их уклоном можно пренебречь, принимая эти пояса с горизонтальным расположением. При определении расстояния между осями поясов, сумму привязок осей поясов таврового сечения из двух уголков к их внешним граням (обушкам уголков) $\sum z_0$, можно принять 100 мм. Расстояние между обушками (нагруженными гранями) поясных уголков принимают при компоновке фермы.

Опорный раскос, при шарнирном сопряжении фермы с колонной (для ферм с сечениями из парных уголков), обычно, принимают восходящим, от нижнего пояса фермы к верхнему поясу, решетку треугольную с дополнительными стойками к верхнему поясу.

Для симметричных нагрузок достаточно построить диаграммы усилий только для половины фермы

При отсутствии в покрытии светоаэрационного продольного фонаря рекомендуется рассмотреть загрузки снеговой нагрузкой: вариант 1а – равномерно-распределенная по всему пролету; вариант 2а – равномерно-распределенная на половине пролета.

Усилие в стержнях от всех видов загружений сводят в таблицу. Там же приводят расчетные сочетание усилий, вызывающие максимальные растяжения или сжатие стержней. Расчетные усилия N определяют, как результат суммирования усилий при невыгоднейшем нагружении для всех возможных сочетаний нагрузок в соответствии с п. 6 норм [9] В, качестве примера составлени таблицы расчетных сочетаний можно воспользоваться формой таблицы 1.1, приведенной в МУ по выполнению РГР по дисциплине «Большепролетные и пространственные конструкции из дерева и пластмасс», с. 10.

Задания.

Для скомпонованных ферм первого занятия, и собранным нагрузкам на фермы второго занятия, определить:

- расчетные усилия в элементах фермы от постоянной и снеговой нагрузки.
- составить таблицу расчетных усилий для элементов фермы.

Вопросы

1. Как определяют расчетные усилия в элементах фермы?
2. От каких нагрузок определяют расчетные усилия?
3. Как получают окончательно расчетные усилия в элементах фермы?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 9.

Практическое занятие 4

Расчетные длины элементов стропильной фермы

Цель: научиться определять расчетные длины элементов стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

- знать расчетные длины элементов стропильной фермы (ПК-6);
- уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);
- владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в определении расчетных длин элементов стропильной фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Расчетные длины.

Расчетные длины $l_{ef,x}$ и $l_{ef,y}$ элементов плоских ферм, за исключением элементов перекрестной решетки ферм, принимают в соответствии с требованиями п. 10 норм СП [7], по таблице 24.

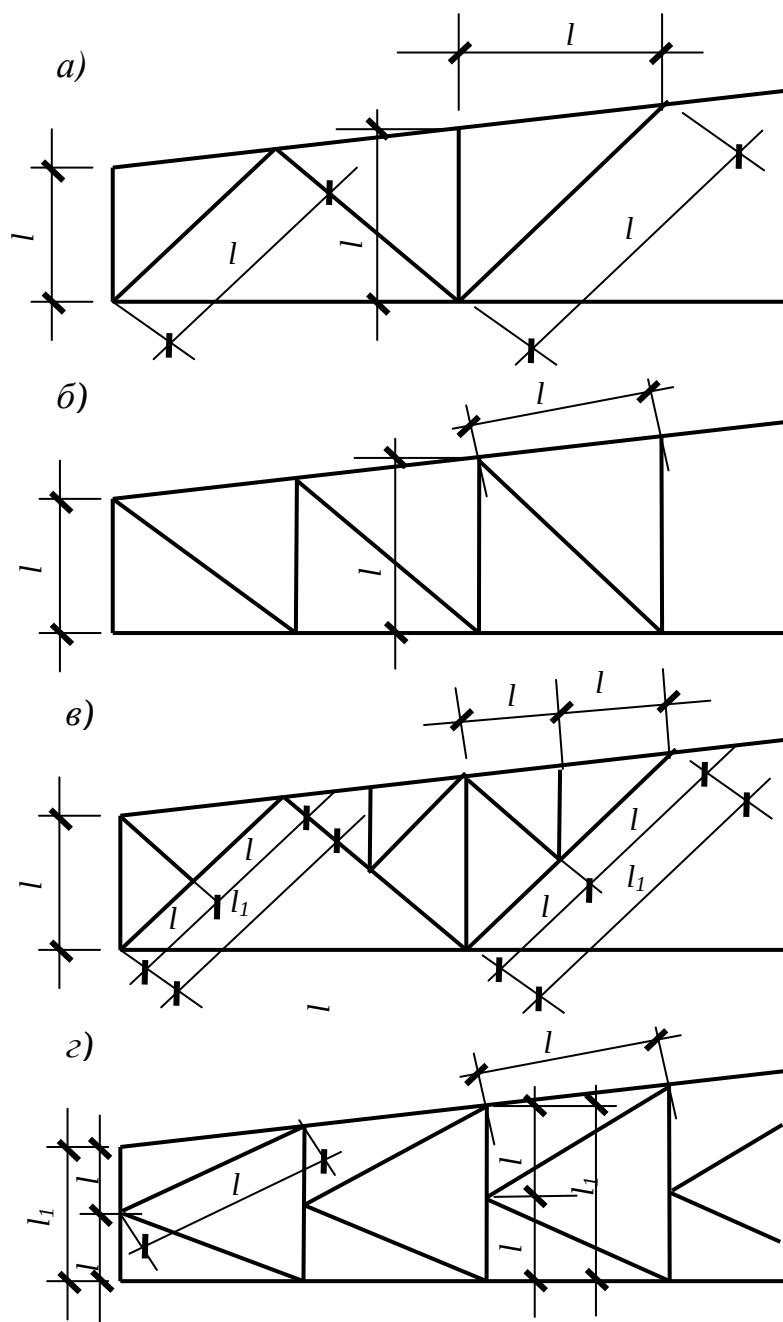


Рисунок 4.1 – Схемы решеток ферм при определении расчетных длин элементов: а – треугольная со стойками; б – раскосная; в – треугольная со шпренгелем; г – полураскосная треугольная

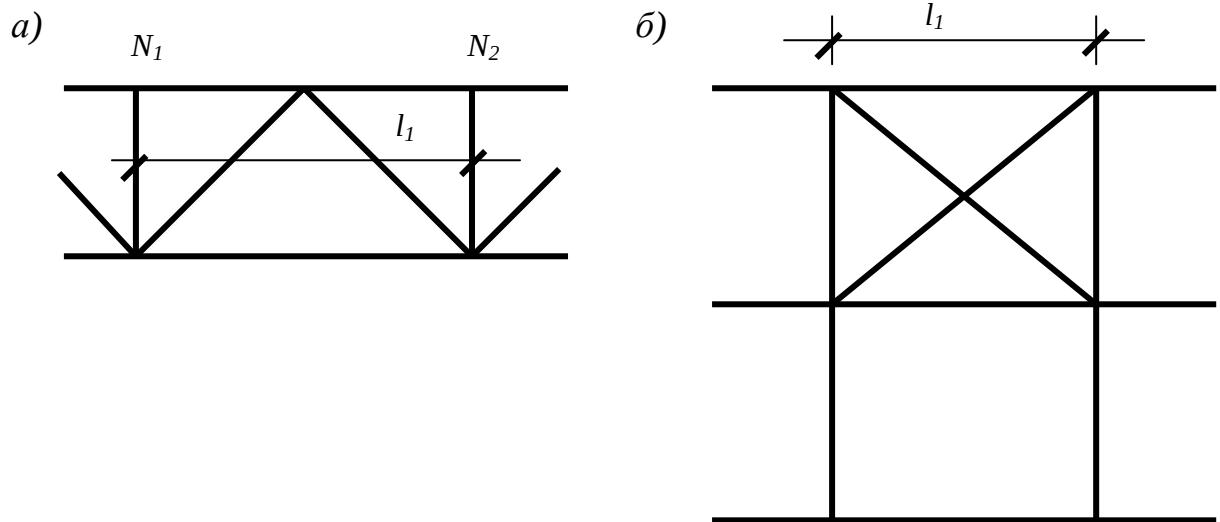


Рисунок 4.2 – Схемы для определения расчетной длины пояса фермы из плоскости: *а* – схема фермы; *б* – схема связей между фермами (вид сверху)

В других случаях расчетные длины элементов ферм принимают по нормам п. 6 [4] или в соответствии с указаниями других нормативных документов (например, свода правил (СП)).

Задания.

По полученным данным расчетов заданий занятия 3 определить расчетные длины элементов ферм.

Вопросы

1. Как определить расчетную длину верхнего пояса в плоскости изгиба фермы и из плоскости?
2. Как определить расчетную длину сжатого опорного раскоса в плоскости изгиба фермы и из плоскости?
3. Как определить расчетную длину сжатых элементов решетки, кроме опорного раскоса в плоскости изгиба фермы и из плоскости?
4. Как определить расчетную длину растянутого пояса фермы в плоскости фермы и из плоскости?
5. Чему принимается равной расчетная длина растянутых элементов решетки в плоскости из плоскости фермы?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 7.

Практическое занятие 5

Выбор стали. Выбор типа уголковых сечений стропильной фермы

Цель: научиться выбирать сталь и типы уголковых сечений стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

– знать выбор сталей и типов уголковых сечений стропильной фермы (ПК-6);

– уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);

– владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в выборе сталей и типов уголковых сечений стропильной фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Выбор стали.

Выбор стали для ферм (ее элементов, фасонки ферм, если узлы проектируют на фасонках) выполняют в соответствии с требованиями приложения В, таблиц В.1, В.2 норм [7], ГОСТ 27772- 2021, таблицы 1, 3, 4, 5 [13].

При выборе стали, желательно учитывать и экономический фактор – уменьшение веса фермы за счет снижения расхода стали. Для элементов с большими усилиями (например, пояса при $N \geq 2000$ кН; опорные раскосы, стойки при $N \geq 1400$ кН) рекомендуют принимать сталь повышенной прочности, а прочие элементы – из обычной стали. Такой выбор стали возможен, если расчетная температура $t \geq -45$ °С. При более низких расчетных температурах $t < -45$ °С сталь повышенной прочности принимается для всех элементов фермы.

Выбор типа сечений (на примере сечений из двух уголков).

При выборе типа профилей сжатых элементов нужно помнить, что рациональным является сечение, имеющее одинаковые гибкости, как в плоскости, так и из плоскости фермы (принцип равноустойчивости $\lambda_x = \lambda_y$), поэтому при назначении профилей необходимо обращать внимание на соотношение расчетных длин. Например, если проектируется ферма из двух уголков образующих тавровое сечение и расчетные длины сжатых элементов в плоскости изгиба фермы $l_{ef,x}$ и из плоскости изгиба $l_{ef,y}$ фермы одинаковы $l_{ef,x} = l_{ef,y}$ (верхние пояса ферм, опорные раскосы). То в этом случае рационально выбрать неравнополочные уголки и поставить их большими полками вместе, так как в этом случае $i_x \approx i_y$ и $\lambda_x \approx \lambda_y$. Такое сечение может быть рациональным и для сжатых опорных раскосов. Для сжатых поясов ферм (при расчетных длинах $l_{ef,x} = l_{ef,y}$) такое сечение пояса неудобно для транспортировки и монтажа. Они легко гнуться из своей плоскости, что вызывает дополнитель-

ные расходы на правку. Кроме того, узкие полки неравнополочных уголков не всегда обеспечивают требуемую площадь опирания несущих элементов кровли и удобство их монтажа. Поэтому, применение такого сечения для верхних поясов не рекомендуется и в типовых стропильных фермах в верхних поясах приняты равнополочные уголки. Сечения из равнополочных уголков с точки зрения наивыгоднейших соотношений радиусов инерции лишь незначительно уступают сечениям из неравнополочных уголков, зато сортамент равнополочных уголков значительно шире, чем неравнополочных. Если расчетная длина из плоскости изгиба фермы $l_{ef,y}$ в два раза больше расчетной длины в плоскости изгиба фермы $l_{ef,x}$, $l_{ef,y} = 2 l_{ef,x}$ (например, верхний пояс на участке под фонарем или опорный раскос). То более рациональным будет сечение из двух неравнополочных уголков, поставленных вместе малыми полками, так как в этом случае $i_x \approx 0.5 i_y$ и при $l_{ef,x} = 0,5 l_{ef,y}$, $\lambda_x \approx \lambda_y$.

Таким образом, рациональными профилями для верхних поясов стропильных ферм следует считать сечения либо из двух неравнополочных уголков, поставленных большими полками в стороны при $l_{ef,y} = 2 l_{ef,x}$, либо из двух равнополочных уголков при $l_{ef,y} = l_{ef,x}$.

Для элементов решетки при $l_{ef,x} = 0,8 l_{ef,y}$ наиболее рациональным будет сечение из равнополочных уголков.

Средние стойки, к которым крепят вертикальные связи ферм, часто принимают крестового сечения.

Задания.

Для элементов ферм занятия 4 выбрать сталь и рациональные сечения уголков.

Вопросы.

1. К какой группе в нормах при выборе стали относят элементы стропильных ферм?
2. К какой группе в нормах при выборе относят фасонки стропильных ферм?
3. Как можно выбрать наиболее рациональную (экономичную) сталь

для элементов фермы?

4. Какие сечения из парных уголков наиболее рациональны для сжатых поясов ферм?

5. Какие сечения из парных уголков наиболее рациональны для сжатых опорных раскосов ферм?

6. Какие сечения из парных уголков наиболее рациональны для остальных сжатых элементов решетки ферм?

7. Какие сечения из парных уголков наиболее рациональны для растянутых поясов ферм и элементов решетки?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 2, 7, 13.

Подбор сечений сжатых элементов стропильной фермы

Цель: научиться подбирать сечения сжатых элементов стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

- знать подбор сжатых элементов стропильной фермы (ПК-6);
- уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);
- владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в подборе сжатых элементов стропильной фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Подбор сечений сжатых элементов ферм

Подбор начинают с определения требуемых: площади поперечного сечения A_{red} и радиусов инерции $i_{x,red}$, $i_{y,red}$ по формулам (6.2), (6.3) предварительно задавшись гибкостью λ и определив φ по таблице 9, приложение 8

$$A_{red} = N / (\varphi R_y \gamma_c), \quad (6.2)$$

$$i_{x,red} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda}, \quad i_{y,red} = \frac{l_{ef,y}}{\lambda}, \quad (6.3)$$

где γ_c – коэффициент условия работы, см. таблицу 1 [7].

При предварительном подборе гибкость λ можно принять: для поясов легких ферм $\lambda = 60 \div 80$, для решетки $\lambda = 100 \div 120$. Большие значения гибкости принимаются при меньших усилиях в элементах. По требуемой площади A_{red} и радиусам инерции $i_{x,red}$, $i_{y,red}$ подбирают по сортаменту подходящий профиль для ферм со стержнями из двух уголков по $A_{red} / 2$ и $i_{x,red}$, $i_{y,red}$. Определяют его фактические геометрические характеристики, площадь сечения A , радиусы инерции i_x , i_y , находят гибкости $\lambda_x = l_{ef,x} / i_x$ и $\lambda_y = l_{ef,y} / i_y$, по большей гибкости уточняют коэффициент φ по таблице 9, приложение 8 и выполняют проверку устойчивости по формуле (6.4).

$$\sigma = N / (\varphi A) \leq R_y \gamma_c. \quad (6.4)$$

При подборе сечений из двух уголков, образующих тавровое сечение, и при определении i_y необходимо знать толщину фасонки t_f . **Ее выбирают в зависимости от максимально действующего усилия в стержнях решетки** (обычно это расчетное усилие в опорном раскосе). Рекомендуемые толщины фасонки см. таблицу 1, приложение 23, или таблицу 9.2, с. 285 [1]. В пределах **одного отправочного элемента фермы** можно принимать две толщины фасонки (если расчетные усилия в решетке это позволяют). Обычно для опорных раскосов и близко к ним расположенным раскосам принимают одну толщину, а для последующих имеющих меньшие усилия – другую. **Допустимая разница толщин фасонки в смежных узлах равна 2 мм.**

Если в таблице для подбора сечений из двух уголков нет величины радиуса инерции i_y , при принятой толщине фасонки t_f , то его значение можно

вычислить по формуле (6.5).

$$i_y = \sqrt{i_1^2 + (z_1 + 0,5t_f)^2}, \quad (6.5)$$

где i_1 – радиус инерции одного уголка относительно его собственной оси $x - x$, параллельной свободной оси ($y - y$ – для равнополочных и $y_1 - y_1$ неравнополочных уголков поставленных вместе меньшими полками); и оси $y_2 - y_2$ (для неравнополочных уголков, поставленных вместе большими полками);

z_1 – расстояние от центра тяжести уголка до наружной грани вертикальной полки его ($z_1 = z_0$ – для равнополочных и $z_1 = x_0$ неравнополочных уголков поставленных вместе большими полками и $z_1 = y_0$ – для неравнополочных уголков поставленных вместе меньшими полками; расположение осей уголков см. приложения 21, 22).

Если гибкость стержня предварительно была задана неправильно и проверка показала перенапряжение или значительное (больше 5 – 10%) недонапряжение, то проводят корректировку сечения, принимая промежуточное между предварительно заданной и фактической значение гибкости. Обычно второе приближение достигает цели. Затем выполняют проверку на гибкость

$$\lambda_{max} \leq [\lambda_{lim}], \quad (6.6)$$

где

$$[\lambda_{lim}] = 180 - 60\alpha, \quad (6.7)$$

для сжатых поясов, опорных раскосов и стоек, передающих опорные реакции и

$$[\lambda_{lim}] = 210 - 60\alpha, \quad (6.8)$$

для остальных сжатых элементов ферм, здесь α определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c}, \text{ но не менее } 0,5 \quad (6.9)$$

Если сечение сжатого элемента ослаблено отверстиями для болтов, то оно проверяется на прочность по формуле (5) [5].

Сечения сжатых стержней решетки с незначительными усилиями (раскосы в средних панелях ферм треугольного очертания, дополнительные

стойки в треугольной решетке, элементы шпренгелей и т.п.) подбирают по предельной гибкости см. формулы (6.6), (6.8).

Зная расчетную длину стержня $l_{ef,x}$ и значение предельной гибкости $[\lambda_{lim}] = 180$ (см. формулу (16.8), в которой величину α при подсчете $[\lambda_{lim}]$ принимаем $\alpha=0,5$), определяют требуемый радиус инерции $i_{x,red} = \frac{l_{ef,x}}{[\lambda_{lim}]}$.

По нему в сортаменте выбирают сечение, а затем проверяют на несущую способность по формулам (6.4), (6.8), (6.6), а при наличии ослабления сечения (отверстиями и т.п.) и по формуле (5) [5]. Минимальное рекомендуемое сечение – два уголка 2 L 50×5, чтобы предотвратить (уменьшить) повреждения стержней при транспортировке и монтаже.

Местную устойчивость сжатых элементов, выполненных из прокатных профилей, можно считать обеспеченной, поскольку из условий прокатки толщина полок и стенок профилей больше, чем требуется из условий устойчивости. Устойчивость стенок тавровых сечений проверяют в соответствии с п.п. 7.3, таблица 9, норм [7].

Пример 6.1 (Все примеры расчета выполнены по нормам [4])

Требуется подобрать сечение сжатого верхнего пояса стропильной фермы из двух уголков, образующих тавровое сечение по расчетному усилию $N=-1700$ кН. Расчетные длины стержней в плоскости изгиба фермы $l_{ef,x}=3$ м; из плоскости $l_{ef,y}=3$ м. Материал – сталь С 345 – 1; $R_y = 31,5$ кН/см² при толщине фасонного проката свыше 10 до 20 мм; $\gamma_c = 0,95$ (сжатые элементы стержневых конструкций покрытий при расчетах на устойчивость, приложение 16); толщина фасонки $t_f=12$ мм; климатический район строительства – II₄; расчетная температура $t=-32$ °С.

Решение

Принимаем сечение из неравнополочных уголков. Задаемся гибкостью в пределах, рекомендуемых для поясов: $\lambda = 60$; по таблице 1, приложение 8, $\varphi = 0,768$; по формуле (6.2) требуемая площадь сечения

$$A_{red} = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1700}{0,768 \cdot 31,5 \cdot 0,95} = 73,97 \text{ см}^2.$$

Требуемые радиусы инерции по формулам (6.3)

$$i_{x,red} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda} = \frac{300}{60} = 5 \text{ см},$$

$$i_{y,red} = \frac{l_{ef,y}}{\lambda} = \frac{300}{60} = 5 \text{ см}.$$

Принимаем по таблице 1 приложение 21 сечение из двух равнополочных уголков $\angle 160 \times 12$ по ГОСТ 8509 – 93; $A=37,39 \cdot 2=74,78 \text{ см}^2$; $i_x=4,94 \text{ см}$; $i_y=7,02 \text{ см}$. Проверяем принятое сечение. Находим фактические гибкости λ_x , λ_y и φ_{min} :

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{300}{4,94} = 60,73; \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{300}{7,02} = 42,74;$$

по таблице 9, приложение 8 $\varphi_{min} = 0,764$ (по $\lambda_{max}=\lambda_x$)

Проверяем устойчивость по формуле (16.4)

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{1700}{0,764 \cdot 74,78} = 29,76 \text{ МПа} < R_y \gamma_c = 31,5 \cdot 0,95 = 29,925 \text{ МПа}.$$

Проверяем гибкость по формулам (16.4), (16.3)

$$[\lambda_{lim}] = 180 - 60 \cdot 0,994 = 120,339,$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} = \frac{1700}{0,764 \cdot 74,78 \cdot 31,5 \cdot 0,95} = 0,994,$$

$$\lambda_{max} = \lambda_x = 60,73 < [\lambda_{lim}] = 120,339.$$

Т.к. сечение не ослаблено отверстиями под болты, то проверку прочности по формуле (5) [4] не выполняем.

Все проверки выполнены.

Принято сечение из двух уголков 2 $\angle 160 \times 12$.

Пример 6.2

Требуется подобрать сечение сжатого раскоса стропильной фермы из двух уголков, образующих тавровое сечение. Расчетное усилие в раскосе

$N=-25$ кН. Расчетная длина в плоскости изгиба фермы $l_{ef,x}=340$ см, из плоскости $l_{ef,y}=423$ см. Сталь С255 по ГОСТ 27772 – 88, $R_y=24$ кН/см² при толщине фасонного проката от 4 до 20 мм; $\gamma_c=0,8$ при гибкости $\lambda \geq 60$; толщина фасонки $t_f=10$ мм. Климатический район строительства II₅, расчетная температура $t=-19$ °С.

Решение

Так как сжимающее усилие в раскосе незначительно, то подбираем его сечение по предельной гибкости. Для сжатых элементов решетки (кроме опорных раскосов и стоек) предельная гибкость определяется по формуле (6.8)

$$[\lambda_{lim}] = 210 - 60\alpha = 210 - 60 \cdot 0,5 = 180,$$

где α предварительно принимаем равным 0,5.

Находим требуемые минимальные радиусы инерции сечения

$$i_{x,min} = \frac{l_{ef,x}}{[\lambda_{lim}]} = \frac{340}{180} = 1,89 \text{ см},$$

$$i_{y,min} = \frac{l_{ef,y}}{[\lambda_{lim}]} = \frac{423}{180} = 2,35 \text{ см}.$$

По сортаменту равнополочных уголков таблица 1, приложение 21, принимаем по ГОСТ 8509 – 93 2 L 63×5; $i_x=1,94$ см, $i_y=2,96$ см, $A=6,13 \cdot 2=12,26$ см².

Проверяем сечение.

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{340}{1,94} = 175,26,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{423}{2,96} = 142,91,$$

по максимальной гибкости $\lambda_{max} = \lambda_x = 175,26$ находим $\varphi_{min} = 0,206$, проверяем устойчивость по формуле (16.4)

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} = \frac{25}{0,206 \cdot 12,26} = 9,9 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН/см}^2.$$

Проверяем гибкость по формулам (16.8) и (16.6).

$$[\lambda_{\text{lim}}] = 210 - 60\alpha = 210 - 60 \cdot 0,52 = 178,8,$$

$$\text{где } \alpha = \frac{N}{\varphi AR_y \gamma_c} = \frac{25}{0,206 \cdot 12,26 \cdot 24 \cdot 0,8} = 0,52,$$

$$\lambda_{\text{max}} = 175,26 < [\lambda_{\text{lim}}] = 178,8.$$

Подобранное сечение удовлетворяет требованиям устойчивости и гибкости.

Задания.

Подобрать и проверить сечения сжатых элементов ферм по результатам расчетов занятий 3, 4, 5.

Вопросы.

1. Как подбирают сечение сжатого пояса фермы?
2. Какие проверки необходимо выполнить для сжатого пояса фермы?
3. Как подбирают сечение сжатого опорного раскоса фермы?
4. Какие проверки необходимо выполнить для сжатого опорного раскоса фермы?
5. Как подбирают сечение остальных сжатых элементов решетки фермы?
6. Какие проверки необходимо выполнить для остальных сжатых элементов решетки фермы?
7. Как подбирают сечение по предельной гибкости?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 2, 4, 7.

Практическое занятие 7

Подбор сечений растянутых элементов стропильной фермы

Цель: научиться подбирать растянутые элементы стальной стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

- знать подбор растянутых элементов стропильной фермы (ПК-6);
- уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);
- владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в подборе растянутых элементов стропильной фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Подбор сечения растянутых элементов.

Предельное состояние растянутых элементов определяется либо их разрывом $\sigma > \sigma_u$, где σ_u – временное сопротивление стали, либо развитием чрезмерных пластических деформаций $\sigma > \sigma_y$, где σ_y – предел текучести.

Для растянутых элементов тип сечения и его расположение (например, уголков) имеют меньшее значение, так как для них определяющим фактором является площадь сечения нетто A_n . Поэтому для элементов решетки, ферм из двух уголков, образующих тавровое сечение, рекомендуют принимать равнополочные уголки. При необходимости увеличения жесткости в боковом направлении по условиям монтажа элементы решетки могут быть приняты из неравнополочных уголков, поставленных большими полками в стороны.

Сечения нижних растянутых поясов ферм из двух уголков рекомендуют принимать из неравнополочных уголков, поставленных вместе меньшими полками, чтобы при подъеме фермы обеспечить большую жесткость из плоскости (если не требуется удовлетворить другим требованиям, например, устойчивости при возникновении в поясе и сжимающих усилий).

При больших растягивающих усилиях в поясах ферм, когда сечение из двух неравнополочных уголков недостаточно (даже при применении стали повышенной прочности), а также при возможности появления и сжимающих усилий в поясе или отдельных его панелях (от отдельных составляющих усилий в их неблагоприятном сочетании), следует принимать равнополочные уголки. Если сечение нижнего пояса из неравнополочных уголков не проходит по гибкости, как сжатый элемент (при небольших сжимающих усилиях), то уменьшить гибкость отдельных панелей пояса в плоскости фермы, можно путем постановки стойки к этой панели (при треугольной решетке).

Требуемую площадь растянутого элемента определяют по формуле

$$A_{red} = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c}. \quad (7.1)$$

Затем по сортаменту выбирают профиль, имеющий ближайшее боль-

шее значение площади. Проверку прочности принятого сечения выполняют по формуле (7.2).

Несущую способность элемента

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq R_y \gamma_c, \quad (7.2)$$

где A_n – площадь сечения нетто (за вычетом ослаблений сечения, например, отверстиями для болтов). При отсутствии ослаблений A_n принимается равной полной площади сечения A . Затем проверяют гибкость элемента по формуле (6.6).

В конструкциях ферм, не подвергающихся динамическим воздействиям (при статических нагрузках), предельная гибкость $[\lambda_{lim}]$ растянутых стержней в соответствии с нормами СП [7] не должна превышать $[\lambda_{lim}] \leq 400$. Гибкость таких стержней проверяют только в вертикальной плоскости (чтобы предотвратить их чрезмерное провисание).

Предельные значения гибкостей $[\lambda_{lim}]$ растянутых элементов ферм, подвергающихся динамическим нагрузкам приложенных непосредственно к конструкции (см. примечание п. 6 к таблице 33 [7]) не должны превышать:

- для поясов и опорных раскосов – $[\lambda_{lim}] \leq 250$;
- для прочих стержней ферм – $[\lambda_{lim}] \leq 350$;

при воздействии на конструкцию нагрузок от кранов групп режимов работы 7К (в цехах металлургических производств) и 8К по ГОСТ 25546 предельные значения $[\lambda_{lim}]$ не должны превышать:

- для поясов и опорных раскосов – $[\lambda_{lim}] \leq 250$;
- для прочих стержней ферм – $[\lambda_{lim}] \leq 300$.

Для всех стержней ферм из двух уголков, образующих тавровое сечение, и особенно для сжатых стержней рекомендуют принимать уголки с меньшими толщинами полок, как более устойчивые при работе на сжатие (на продольный изгиб).

Соединительные прокладки между уголками стержней фермы обеспе-

чивают совместную работу уголков как единого сечения. Если прокладок нет, то при проверке устойчивости следует принимать минимальный радиус инерции одного уголка, а при проверке прочности следует учитывать неравномерность включения уголков в работу, из-за разницы погнутостей уголков, коэффициентом условий работы меньше единицы и равным $\approx 0,8$, что может привести к большим дополнительным затратам.

В соответствии с п. 5.7 [7] расчёт составных элементов из уголков, соединённых через прокладки, следует выполнять как сплошностенчатых при условии, что наибольшие расстояния на участках между приваренными планками (в свету) не превышают:

для сжатых элементов $40i$;

для растянутых – $80 i$.

Здесь радиус инерции i уголка следует принимать для тавровых сечений относительно оси уголка параллельной плоскости расположения прокладок, а для крестовых сечений – минимальный. При этом в пределах длины сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок.

Толщина прокладок принимается по толщине фасонки, их больший размер (длина) обычно оказывается ориентировочным поперёк сечения стержня фермы и для тавровых сечений принимает не менее

$$l_n = b + k_f^0 + k_f^p + 5 \text{ мм},$$

где b – ширина полки уголка, к которой крепится прокладка;

k_f^0 и k_f^p – соответственно катеты швов крепления прокладки у обушка и пера уголка.

При ширине полок уголков более 90 мм, можно использовать прерывистые прокладки не по всей ширине полок уголков, а только у швов их крепления.

Длину прокладки для крестового сечения из уголков можно принимать не менее расстояния между центрами тяжести уголков и не менее десяти минимальных толщин (обычно уголков).

Катеты швов и ширина прокладки b_n (размер прокладки вдоль стержня фермы) следует определять из условия прочности швов крепления прокладок

к уголкам подобно швам крепления планок сквозных стержней.

Итак, в первом приближении, можно принять ширину прокладок (размер прокладки вдоль стержня фермы) не менее полусуммы сторон одного из уголков, входящих в составное сечение; катет шва у пера k_{fn} – минимальный в соответствии с нормами и не более при толщине полки уголка $t \leq 6$ мм ; $k_{fn} = t - 1$ мм, и при $t \geq 7 - 16$ мм $k_{fn} = t - 2$ мм; катет шва у обушка k_{fo} в 1,5 – 2 раза больше катета шва у пера, но не больше максимального $k_{fo} \leq 1,2 t_{min}$ (здесь t_{min} – меньшая толщина двух свариваемых элементов: толщина полки уголка или фасонки).

Пример 7.1 (Все примеры расчета выполнены по нормам [4])

Требуется подобрать сечение растянутого раскоса фермы из двух уголков, образующих тавровое сечение по расчетному усилию $N = 930$ кН; сталь С345 – 1, по ГОСТ 27772; $R_y = 31,5$ кН/см² при толщине фасонного проката свыше 10 до 20 мм; $\gamma_c = 0,95$; $l_{ef,x}=340$ см; $l_{ef,y}=423$ см. Климатический район строительства П₄; расчетная температура $t = - 32$ °С.

Усилие получено при статической нагрузке.

Крепление в узле к фасонке на сварке. Толщина фасонки $t_f=12$ мм.

Решение

Требуемая площадь сечения по формуле (7.1): $A_{red} = \frac{930}{31,5 \cdot 0,95} = 31,08$ см². Принимаем по таблице 1 приложение 21 два равнополочных уголка $\angle 110 \times 8$; $A = 17,2 \times 2 = 34,4$ см² $> A_{red}$; $i_x=3,39$ см; $i_y=4,95$ см. Т.к. усилия были определены при статической нагрузке, то $\lambda_{lim}=400$ (п. 6.16* [5]).

Проверяем гибкость раскоса только в вертикальной плоскости, относительно оси x

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{340}{3,39} = 100,3 < \lambda_{lim} = 400.$$

Прочность и гибкость принятого раскоса обеспечена.

Пример 7.2

Требуется подобрать сечение приопорной панели нижнего пояса стропильной фермы из двух уголков, образующих тавровое сечение. Расчетное усилие растяжения $N_p=670$ кН, расчетное усилие сжатия $N_c = -63$ кН. Расчетная длина панели в плоскости изгиба фермы $l_{ef,x}=5,8$ м, из плоскости $l_{ef,y}=5,8$ м. Материал – сталь С255 по ГОСТ 27772, $R_y=24$ кН/см² при толщине фасонного проката от 4 до 20 мм; $\gamma_c=0,95$; толщина фасонки $t_f=12$ мм; климатический район строительства II₅; расчетная температура $t = -29$ °С. Усилия получены при статической нагрузке.

Решение

Подбираем сечение панели пояса по сжимающему усилию $N_c = -63$ кН. Учитывая большую расчетную длину панели при малой величине сжимающего усилия, найдем требуемые минимальные радиусы инерции сечения $i_{x,min}$ и $i_{y,min}$ при предельном значении гибкости для пояса по формуле (6.7) $[\lambda_{lim}] = 180 - 60\alpha$. Принимаем $\alpha=0,5$, тогда $[\lambda_{lim}] = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150$.

$$i_{x,min} = \frac{l_{ef,x}}{[\lambda_{lim}]} = \frac{580}{150} = 3,87 \text{ см},$$

$$i_{y,min} = \frac{l_{ef,y}}{[\lambda_{lim}]} = \frac{580}{150} = 3,87 \text{ см}.$$

По сортаменту равнополочных уголков, таблица , приложение принимаем два уголка у которых $i_x \geq i_{x,min} = 3,87$ см.

Этому условию отвечают 2 L 125×8 по ГОСТ 8509; $i_x=3,87$ см; $i_y=5,55$ см; $A=19,69 \cdot 2=39,38$ см².

Фактические гибкости сечения:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{580}{3,87} = 149,871,$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{580}{5,55} = 104,5.$$

По $\lambda_x=149,871$ находим $\varphi_{min}=0,214$ (таблица 9, приложение 8).

Проверяем устойчивость по формуле (16.4)

$$\sigma = \frac{N_c}{\varphi A} = \frac{63}{0,214 \cdot 39,38} = 7,48 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН/см}^2.$$

Проверяем гибкость по формулам (6.6), (6.7)

$$[\lambda_{lim}] = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150,$$

$$\text{где } \alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} = \frac{63}{0,214 \cdot 39,38 \cdot 24 \cdot 0,95} = 0,328 < 0,5,$$

принимаем для подстановки в формулу $\alpha=0,5$

$$\lambda_{max} = 149,871 < [\lambda_{lim}] = 150.$$

Проверяем подобранное сечение по сжатию – на прочность при действии растягивающего усилия $N_p=670$ кН по формуле (7.2)

$$\sigma = \frac{N}{A_n} = \frac{670}{39,38} = 17,014 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН/см}^2.$$

Гибкость как растянутого стержня $\lambda_{max} = 149,871 < [\lambda_{lim}] = 400.$

Подобранное сечение из 2 L 125×8 отвечает требованиям устойчивости, гибкости и прочности.

Задания

Задача 1

Подобрать сечение стержня фермы. Исходные данные принять по таблице 7.1. Толщину фасонки для всех стержней из парных уголков в таблице 16.1 принять $t_\phi=12$ мм. Расчетные усилия получены при статической нагрузке. Крепление стержней в узлах к фасонке на сварке.

Таблица 7.1 – Исходные данные

№ варианта	Наименование стержня	Расчетная длина, см		Расчетное усилие N , кН	Тип сечения стержня	Сталь по ГОСТ 27772-88
		$l_{ef,x}$	$l_{ef,y}$			
1	Нижний пояс	600	1800	+1200	┐┌	C245
2	Нижний пояс	600	900	+1500	┐	C345
3	Раскос	340	430	+10	┐┌	C245
4	Верхний пояс	300	300	-1500	┐	C275
5	Верхний пояс	300	600	-1000	┐┐	C255
6	Опорный раскос	200	400	-900	┐┐	C255
7	Раскос	340	430	-500	┐┐	C245
8	Раскос	340	430	-20	┐┐	C245
9	Верхний пояс	300	300	-1000	┐┐	C345
10	Стойка	240	300	-300	┐┐	C275

Задача 2

По результатам расчетов практического занятия 3 подобрать и проверить растянутые элементы ферм.

Вопросы к практическому занятию

1. Расскажите о порядке подбора и проверках сечений растянутых стержней ферм.
2. Назовите назначение соединительных прокладок (сухарей) в фермах из парных уголков. Правила их размещения по длине сжатых и растянутых элементов.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 2, 4, 7.

Практическое занятие 8

Расчет и конструирование промежуточных узлов стропильной фермы

Цель: научиться рассчитывать и конструировать промежуточные узлы стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

– знать расчет и конструирование промежуточных узлов стропильной фермы (ПК-6);

– уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);

– владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в расчете и конструировании промежуточных узлов стропильной фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Для сварных узлов фермы на заводе применяют полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа, сварочную проволоку Св - 08Г2С, диаметр проволоки $d=1,4...2$ мм. Расчётное сопротивление металла шва $R_{wf}=21,5$ кН/см². Сварка выполняется в нижнем положении, поэтому коэффициенты глубины проплавления по металлу шва $\beta_f=0,9$ и границе сплавления $\beta_z=1,05$; $\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = 1$ (если конструкции эксплуатируются при $t > -45$ °С).

Определяют минимальную несущую способность углового шва:

– по металлу шва

$$\beta_f \cdot R_{wf}, \text{ кН/см}^2;$$

– по границе сплавления для стали элементов решётки

$$\beta_z \cdot R_{wz}, \text{ кН/см}^2;$$

Для дальнейших расчетов принимают меньшее из двух значений $\beta_f \cdot R_{wf}$ или $\beta_z \cdot R_{wz}$.

Необходимую длину швов крепления раскосов определяют по формулам:
по обушку уголка

$$l_w^0 = \frac{N_0}{2k_f^0 \cdot R_{wm}} + 1 \text{ см},$$

по перу уголка

$$l_w^p = \frac{N_p}{2k_f^p \cdot R_{wm}} + 1 \text{ см},$$

где N_0 , N_p соответственно усилие, приходящееся на обушок на перо уголка.

Катет швов принимают в зависимости от толщины полки уголков и толщины фасонки. Расчёт швов выполняем в табличной форме. Полученные по расчёту длины швов округляем в большую сторону до 10 мм. Если по расчёту длина шва меньше 50 мм, то принимаем $l_w = 50$ мм. По полученным длинам швов крепления раскосов определяем размеры фасонки. Зазоры между сварными швами решётки и поясов должны быть не менее $a \geq 6t_f - 20$, где t_f – толщина фасонки. К поясу фасонки рекомендуется прикреплять

сплошными швами минимального катета, в узлах, где поясные уголки не прерываются и швами возможно большего катета в узлах, где уголки поясов прерываются.

Задания

Для подобранных сечений элементов ферм занятий 6 и 7 рассчитать сварные швы крепления элементов решетки к поясам.

Вопросы.

1. Как принимают катет шва по перу полки уголка?
2. Как принимают катет шва по обушку полки уголка?
3. Как принимают минимальный катет шва?
4. Как принимают максимальный катет шва?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 2, 4, 7.

Практическое занятие 9

Расчет и конструирование укрупнительных узлов стропильной фермы

Цель: научиться рассчитывать и конструировать укрупнительные узлы стропильной фермы.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

– знать расчет и конструирование укрупнительных узлов стропильной фермы (ПК-6);

– уметь выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6);

– владеть расчетным анализом и оценкой технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

Актуальность темы: получение навыков в расчете и конструировании укрупнительных узлов стропильной фермы и способность участвовать в проектировании объектов градостроительной деятельности.

Теоретическая часть

Укрупнительный или монтажный узел у верхнего пояса.

Конструкция монтажного стыка показана на рисунке 9.1.

Раздельные фасонки 2 перекрывают двухсторонними вертикальными накладками 3 с длиной равной удвоенной ширине большей из вертикальных полок поясных уголков привариваемой к фасонке, ширина их определяется условием расстановки болтов – 140...180 мм.

Назначают ширину 180 мм, а толщину принимают равной толщине фасонки.

Толщину фасонки определяют по усилию

$$N_2 = 0,48N_p, \text{ кН},$$

где 0,48 – учитывает долю усилия в поясе, передаваемую через фасонку с учётом неравномерности;

N_p – расчётное усилие в панели пояса.

Рабочая высота фасонки принимается равной удвоенной ширине вертикальной полки поясных уголков h_p . Тогда толщина фасонки равна

$$t_f = \frac{N_2}{2h_p \cdot \gamma_c \cdot R_y} \text{ см},$$

где $\gamma_c = 0,95$ – при растяжении и $\gamma_c = 1$ – при сжатии;

Перпендикулярные к фасонке полки поясов перекрывают накладками 1.

Швы крепления накладки 1 к левой w_1 и правой частям пояса w_1' рассчитывают на усилие:

$$N_{w1} = 0,72N_p \text{ кН},$$

где N_p – расчетное усилие в панели пояса;

0,72 – учитывает долю усилия в стержнях, передаваемого на шов w_1 (w_1') с учетом 20% увеличения усилий в стержнях.

Швы крепления поясов к фасонке 2 у пера определяют подобно соответствующим швам заводских узлов с прерванными поясами.

$$N_{w,2} = N'_{w,2} = 0,48N_p \text{ кН},$$

где 0,48 – учитывает долю усилия, в поясе передаваемую через шов у пера с учётом неравномерности.

Принимают катет шва.

Длина каждого из швов:

$$l_{w2} = l'_{w2} = \frac{N_{w,2}(N'_{w,2})}{2k_{f,2} \cdot R_{wm}} + 1 \text{ см.}$$

Принимают $l_{w2} = l'_{w2}$ см.

Т.к. раскосы отсутствуют, то катеты швов соединения поясных уголков с фасонкой у обушка w_3 и w'_3 принимают минимальными $k_{f,3}^0 = 4$ мм. Провариваем на участке фасонки, от ее края до расстояния между швом и косым резом накладки 1 в 1 см. Длина каждого из участков этих швов должна быть не менее 50 мм.

Швы крепления накладки 3 к фасонке 2 (монтажные швы, сварка ручная) – w_5 , рассчитывают на усилие $N_{w5} = N_{w,2}$ кН.

$$k_{f5} = \frac{N_{w5}}{2 \cdot 2h_p \cdot R_{wm}} \text{ см},$$

где h_p – ширина вертикальной полки поясных уголков.

Прочие швы принимаются с минимальными катетами.

Накладки 1 рассчитывают на такое же усилие, как и швы w_1 , $N_n = N_{w1}$ кН. Ширину каждой из двух накладок определяют по формуле:

$$b_1 \geq b_p + k'_{f1} + 10 \text{ мм},$$

где b_p – ширина горизонтальной полки поясных уголков.

Суммарная ширина двух накладок $2b_1$ и толщина фасонки t_f должны быть больше ширины накладки 1 в узле 1: $2b_1 + t_f$ см.

Толщину накладки 1 определяют по формуле:

$$t_1 \geq \frac{N}{2 \cdot b_1 R_y \gamma_c} \text{ см},$$

Толщину накладки 1 следует принимать такой, чтобы ее толщина была не менее толщины накладки 1 узла 1.

Укрупнительный или монтажный стык у нижнего пояса фермы. Конструкция показана на рисунке 9.2.

Фасонки 2 перекрывают двухсторонними вертикальными листовыми накладками 3, с длиной равной удвоенной ширине большей вертикальной полки поясных уголков привариваемой к фасонке, $h_3 = 2h'_{pn}$ мм. Ширина их определяется условием расстановки болтов – 180 мм, а толщина назначается равной толщине фасонки 2.

Фасонка 2 рассчитывается на большее из усилий слева или справа от узла.

$$N_2 = 0,48(N_n + N_p \cdot \cos \theta) =,$$

$$N_2' = 0,48(N_n' + N_p') =,$$

где N_n N_p и N_n' N_p' – усилия в панелях пояса и раскосах, соответственно слева и справа от центра узла, принимаемые со своими знаками, усилие $N_2 \approx N_2'$, это говорит о приемлемой точности расчёта.

Приняв рабочую высоту фасонки равной удвоенной ширине меньшей вертикальной полки уголков пояса, можно определить толщину фасонки по формуле

$$t_f = \frac{N_2}{2 \cdot h_{pn} R_y \gamma_c} \text{ см},$$

пояса w_1' . Для контроля вычисляют усилия шва w_1' по усилиям стержней правой части узла.

Отличие усилий $N_{w,1}$ и $N_{w,1}'$ говорит о достаточной точности расчета. Так как сечение пояса в узле не изменяется, то принимают шов w_1' таким же, как и шов w_1 .

Швы w_1 и w_1' распределяются на участках как показано на рисунке 9.2 с учётом указанных на рисунке конструктивных ограничений.

Швы крепления уголков пояса у пера w_2 и w_2' рассчитываются на усилие:

$$N_{w2} = 0,48N_{Nn} \text{ кН},$$

$$N_{w2}' = 0,48N_{N'n} \text{ кН}.$$

Величины катетов угловых швов $k_{f2}=k_{f2}'$ принимают максимально возможными, в соответствии с требованиями нормами. Их длины определяют по формулам:

$$l_{w2} = \frac{N_{w,2}}{2k_{f,2} \cdot R_{wm}} + 1 \text{ см},$$

$$l_{w2}' = \frac{N_{w,2}'}{2k_{f,2}' \cdot R_{wm}} + 1 \text{ см},$$

где R_{wm} – минимальное расчетное сопротивление заводских сварных швов сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,4 – 2 мм в нижнем положении. Принимают меньшему из произведений:

$$R_{wf} \beta_f \gamma_{wf} \text{ кН/см}^2,$$

$$R_{wz} \beta_z \gamma_{wz} \text{ кН/см}^2.$$

Швы соединения поясных уголков с фасонкой у обушка w_3 рассчитывают на усилие:

$$N_{w3} = 0,72N_{pi} \cos \theta \text{ кН},$$

где N_{pi} – большее из усилий в раскосах.

Длины швов w_3 и w_3' , можно определить после вычерчивания узла в масштабе с учётом конструктивных требований, указанных на рисунке 9.2 и оговорённых ранее. Принимая длину шва w_3 от края фасонки до её точки, от-

стоящей от накладки 1 на расстояние $k_{f3} + 10$ мм (предварительно примем k_{f3} мм), см. Учитывая кратеры и непровары, определим требуемый катет шва

$$k_{f3} = \frac{N_{w3}}{2 \cdot (l_{w3} - 1) R_{wm}} \text{ см.}$$

Длины участков швов w_1 , w_2 и w_3 не должны превышать максимально допустимых:

$$85\beta_f k_f \text{ см}$$

Швы крепления накладки 3 к фасонке 2 – w_5 рассчитывают на усилие:

$$N_5 = N_2 \text{ кН,}$$

$$k_{f5} = \frac{N_5}{4h \cdot R_{wm}} \text{ см.}$$

Прочие сварные швы принимают минимальными, в соответствии с требованиями нормами.

Накладки 1 рассчитываем на такие же усилия, что и швы w_1 .

$$N_{w1} \text{ кН.}$$

Ширину каждой из 2-х накладок определяют по формуле:

$$b_1 \geq b_{\max} + k'_{f1} + 10 \text{ мм,}$$

где $b_{\max}$ – максимальная ширина горизонтальной полки поясных уголков.

Толщина накладки должна быть не менее определенной по формуле:

$$t_n = \frac{N_{w1}}{2 \cdot b_1 R_y \gamma_c} \text{ см.}$$

Задания.

По результатам расчетов занятий 7 и 8 выполнить расчеты и компоновку укрупнительных узлов ферм.

Вопросы.

1. Расскажите о расчете и конструировании укрупнительного узла у верхнего пояса?

2. Расскажите о расчете и конструировании укрупнительного узла у нижнего пояса?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по заданной теме: 1, 2, 4, 7.

Список литературы рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная

1. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева и др].; Под ред. Ю. И. Кудишина. – 12 –е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 688 с.

Дополнительная литература

2. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2. Конструкции зданий: Учеб. для строит. Вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов, Г. И. Белый и др.; Под ред. В. В. Горева. – 2 –е изд., испр. – М.: Высш. Шк., 2002. – 528 с.

3. Металлические конструкции (справочник проектировщика). В 3 т / Под ред. В. В. Кузнецова – М.: АСВ, 1998 – 1999.

4. СНиП II – 23 – 81*. Стальные конструкции / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 91 с.

5. СНиП 2.01.07 – 85*. Нагрузки и воздействия / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 44 с.

6. СНиП 32 – 01 – 99. Строительная климатология. – М. Госстрой России, 2000. – 57 с.

7. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*/ Минстрой России. – М.: 2017. – 147 с.

8. СП 294.1325800.2017 Конструкции стальные. Правила проектирования. / Минстрой России. – М. ФЦС, 2017. – 166 с.

9. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*/Минстрой России. – М.: 2016. – 91 с.

10. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*/Минстрой России. – М.: 2018. – 117 с.

11. СП 1431.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*/Минстрой России. – М.: 2020. – 126 с.

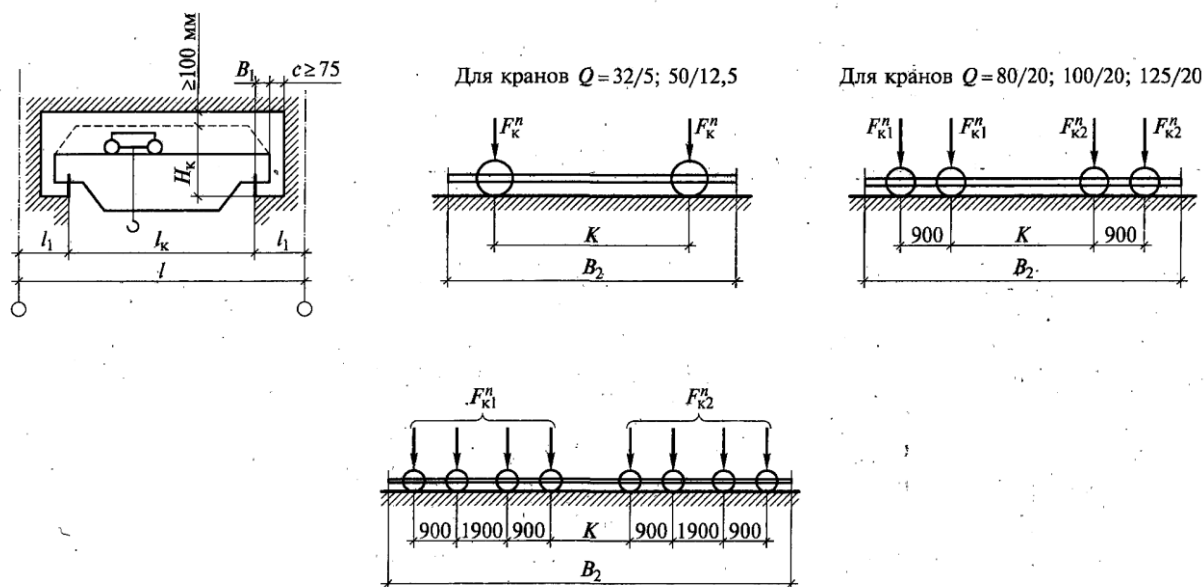
12. ГОСТ 27751-2014 Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

/Стандартинформ. – М., 2015. – 25 с.

13. ГОСТ 27772-21 Межгосударственный стандарт. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. М.: Российский институт стандартизации. – 35 с.

Приложение 1

Таблица 1 – Справочные данные по мостовым кранам (для учебного проектирования)



Q – грузоподъемность крана; $F_{\epsilon 1}^n$, $F_{\epsilon 2}^n$ – максимальные вертикальные давления колес крана (нормативные)

Q, т	Нагрузка на главный крюк, кН	Пролет здания l, м	Размеры, мм				Максимальное давление колеса, кН		Вес тележки G _т , кН	Вес крана с тележкой G _{кз} , кН	Тип кранового рельса	Высота рельса h _р , мм	Высота подкрановой балки h _б , мм, при шаге колонн, м	
			H _к	B ₁	B ₂	K	F ⁿ _{ε1}	F ⁿ _{ε2}					6	12
32/5	314	24	2750	300	6300	5100	260(315)		85	343(510) 402(608) 554(715)	КР – 70	120	1000	1500
		30	2750		6300	5100	280(345)							
		36	2750		6800	5600	320(380)							
50/12,5	490	24	3150	300	6860	5600	380(470)		132	475(676) 583(774) 716(843)	КР – 80	130	1000	1500
		30					415(505)							
		36					455(525)							
80/20	785	24	3700	400	9100	4350	353(387)	373(397)	323(382)	1029(1137) 1176(1284) 1274(1431)	КР – 100	150	1000	1600
		30	4000				373(418)	402(427)						
		36	4000				392(436)	422(446)						
100/20	980	24	3700	400	9350	4600	410(446)	439(456)	363(412)	1107(1186) 1303(1382) 1401(1431)	КР – 120	170	1000	1600
		30	4000				449(476)	469(485)						
		36	4000				469(495)	489(505)						
125/20	1225	24	4000	400	9350	4600	436(479)	446(508)	382(441)	1156(1235) 1303(1431) 1500(1578)	КР – 120	170	1000	1800
		30					466(508)	476(538)						
		36					485(528)	495(567)						
160/32	1570	24	4800	500	10500	1500	295(310)	304(320)	461(549)	1284(1617) 1676(1813) 1823(2009)	КР – 120	170	1000	1800
		30					311(330)	321(340)						
		36					331(366)	350(370)						
200/32	1960	24	4800	500	10800	1500	358	368	549	1637 1833 2029	КР – 120	170	1000	1800
		30	4800				378	387						
		36	5200				397	407						

Примечание. Цифры в скобках относятся к кранам особого режима работы (7 К, 8 К).

Приложение 2

Таблица 1.7 – Расчётные сопротивления срезу и растяжению болтов

Напряжённое состояние	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см ²), болтов классов					
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8
Срез	R_{bs}	150 (1500)	160 (1600)	190 (1900)	200 (2000)	230 (2300)	320 (3200)
Растяжение	R_{bt}	170 (1700)	160 (1600)	210 (2100)	200 (2000)	250 (2500)	400 (4000)

Таблица 1.7а – Расчётные сопротивления растяжению фундаментных болтов

Диаметр болтов, мм	Расчётные сопротивления, R_{ba} , МПа (кгс/см ²), болтов из стали марок		
	ВСтЗкп2 по ГОСТ 380 – 71** (с 1990 г. ГОСТ 535 – 88)	09Г2С по ГОСТ 19281 – 73*	10Г2С1 по ГОСТ 19281 – 73*
12, 16, 20	185(1900)	235(2400)	240(2450)
24, 30	185(1900)	230(2350)	235(2400)
36, 42, 48, 56	185(1900)	225(2300)	225(2300)
64, 72, 80	185(1900)	220(2250)	215(2200)
90, 100	185(1900)	215(2200)	215(2200)
110, 125, 140	185(1900)	215(2200)	—

Таблица 1.13 – Механические свойства высокопрочных болтов по ГОСТ 22356 – 77*

Номинальный диаметр резьбы d , мм	Марка стали по ГОСТ 4543 – 71*	Наименьшее временное сопротивление R_{bun} , МПа (кгс/мм ²)
От 16 до 27	40Х «селект»	1100 (110)
	30Х3МФ, 30Х2НМФА	1350 (135)
30	40Х «селект»	950 (95)
	30Х3МФ, 35Х2АФ	1200 (120)
36	40Х «селект»	750 (75)
	30Х3МФ	1100 (110)
42	40Х «селект»	650 (65)
	30Х3МФ	1000 (100)
48	40Х «селект»	600 (60)
	30Х3МФ	900 (90)

Таблица 2.7 – Значения коэффициентов μ и γ_h

Способ обработки (очистки) соединяемых поверхностей	Способ регулирования натяжения болтов	Коэффициент трения, μ	Коэффициент γ_h при нагрузке и при разности номинальных диаметров отверстий и болтов δ , мм	
			динамической и при $\delta=3-6$; статической и при $\delta=5-6$	динамической и при $\delta=1$; статической и при $\delta=1-4$
Дробеметный или дробеструйный двух поверхностей без консервации	По M	0,58	1,35	1,12
	По α	0,58	1,20	1,02
То же, с консервацией (металлизацией распылением цинка или алюминия)	По M	0,50	1,35	1,12
	По α	0,50	1,20	1,02
Дробью одной поверхности с консервацией полимерным клеем и посыпкой карборундовым порошком, стальными щетками без консервации – другой поверхности	По M	0,50	1,35	1,12
	По α	0,50	1,20	1,02
Газопламенный двух поверхностей без консервации	По M	0,42	1,35	1,12
	По α	0,42	1,20	1,02
Стальными щетками двух поверхностей без консервации	По M	0,35	1,35	1,17
	По α	0,35	1,25	1,06
Без обработки	По M	0,25	1,70	1,30
	По α	0,25	1,50	1,20
Примечание: способ регулирования натяжения болтов по M означает регулирование по моменту закручивания, а по α – по углу поворота гайки.				

Таблица 2.6 – Площади сечения болтов

d , мм	16	18*	20	22*	24	27*	30	36	42	48
$A_{b,2}$ см ²	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
$A_{bn,2}$ см ²	1,57	1,92	2,45	3,03	3,52	4,59	5,60	8,60	11,20	14,72

*Болты указанных диаметров применять не рекомендуется.

Приложение 5

Таблица 1 – Требования к болтам при различных условиях их применения

Условия применения		Технологические требования по ГОСТ 1759.4 – 87*		
климатический район	условия работы болтов	класс прочности (табл. 1)	дополнительные виды испытаний (табл. 10)	марка стали болтов
В конструкциях, не рассчитываемых на выносливость				
Все районы, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ **	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1	По табл. 1
		4.8; 5.8	То же	То же
		6.6	«	35
		8.8	-	35X; 38XA
		10.9	-	40X
I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1 и 4	По табл. 1
		4.8*; 5.8*	Поз. 1	То же
		8.8	Поз. 3 и 7	35X; 38XA
	Срез	4.8; 5.8	Поз. 1	По табл. 1
		8.8	-	35X; 38XA
		10.9	-	40X
В конструкциях, рассчитываемых на выносливость				
Все районы, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ *	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1 и 4	По табл. 1
		6.6	То же	35
		8.8	-	35X; 38XA
	Срез	4.8; 5.8	Поз. 1	По табл. 1
I ₂ , II ₂ и II ₃	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1 и 4	По табл. 1
		8.8	Поз. 3 и 7	35X; 38XA
	Срез	4.8; 5.8	Поз. 1	По табл. 1
		8.8	-	35X; 38XA
I ₁	Растяжение или срез	8.8	Поз. 3 и 7	35X; 38XA
	Срез	4.6; 5.6	Поз. 1 и 4	По табл. 1
		4.8*; 5.8*	Поз. 1	То же
		8.8	-	35X; 38XA

* Требуется дополнительный последующий отпуск при $t = 650^\circ\text{C}$.

** А также для конструкций, возводимых в климатических районах I₁, I₂, II₂ и II₃, но эксплуатируемых в отапливаемых помещениях.

Примечания: 1. Во всех климатических районах, кроме I₁, I₂, II₂ и II₃, в нерасчетных соединениях допускается применять болты с подголовком класса точности С и В по ГОСТ 15590 – 70* и ГОСТ 7795 – 70* без дополнительных видов испытаний, предусмотренных в настоящей таблице.

2. При заказе болтов классов прочности 6.6; 8.8; 10.9 по ГОСТ 1759.4 – 87* следует указывать марки стали.

3. При заказе болтов классов прочности 4.8 и 5.8 необходимо указывать, что применение автоматной стали не допускается.

4. Высокопрочные болты по ГОСТ 22356 – 77* из стали марки 40X «селект» без регулируемого натяжения применяются в тех же конструкциях, что и болты класса прочности 10.9.

Приложение 6

Таблица 1 – Коэффициент условий работы соединения γ_b

Характеристика соединения	Коэффициент условий работы соединения γ_b
1. Многоболтовое в расчетах на срез и смятие при болтах: класса точности А	1,0
классов точности В и С, высокопрочных с нерегулируемым натяжением	0,9
2. Одноболтовое и многоболтовое в расчете на смятие при $a = 1,5d$ и $b = 2d$ в элементах конструкций из стали с пределом текучести, МПа (кгс/см ²):	
до 285 (2900)	0,8
св. 285 (2900) до 380 (3900)	0,75

Обозначения, принятые в табл. 35*:

a - расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия;

b - то же, между центрами отверстий;

d - диаметр отверстия для болта.

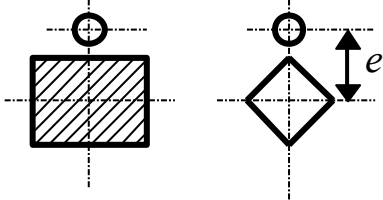
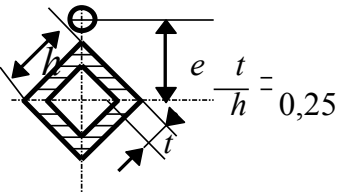
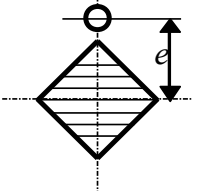
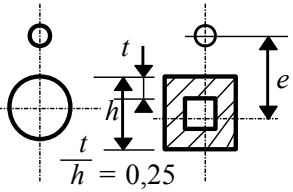
Примечания: 1. Коэффициенты, установленные в поз. 1 и 2, следует учитывать одновременно.

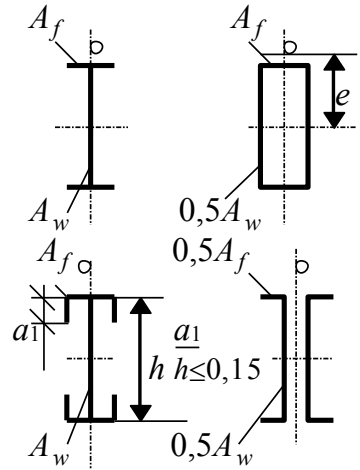
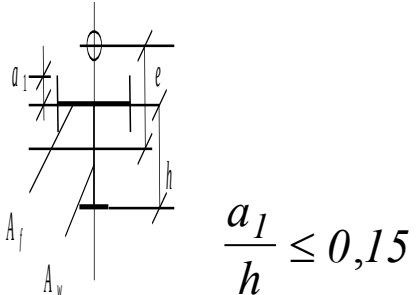
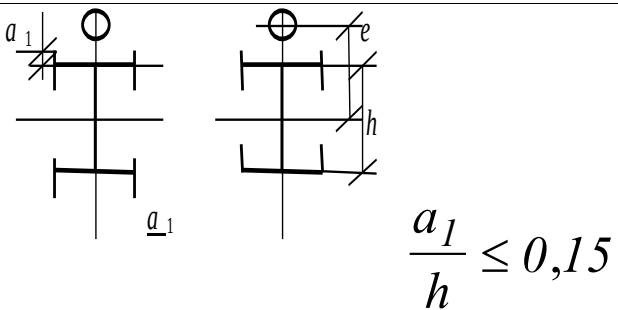
2. При значениях расстояний a и b , промежуточных между указанными в поз. 2 и в табл. 39, коэффициент γ_b следует определять линейной интерполяцией.

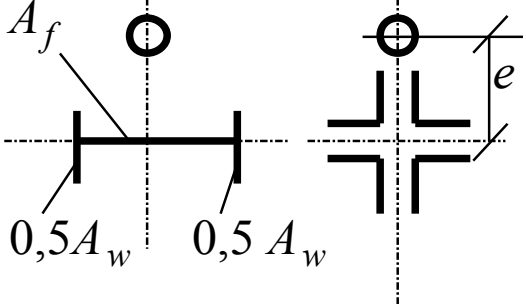
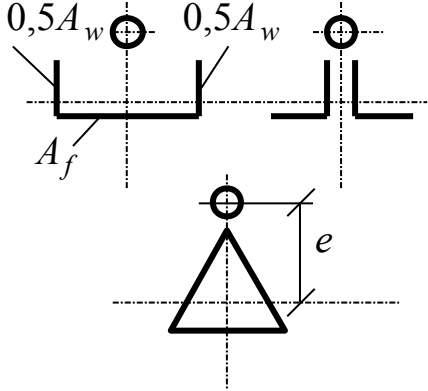
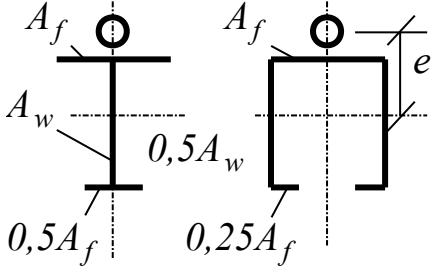
Таблица 1 – Расчётные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами

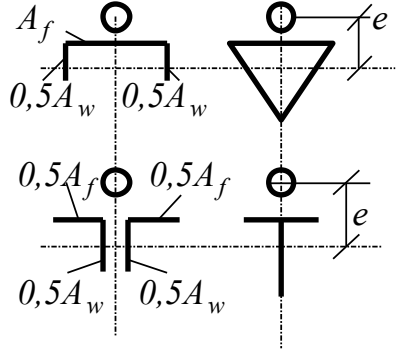
Временное сопротивление стали соединяемых эле- ментов R_{un} , МПа (кгс/мм ²)	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²), смятию элемен- тов R_{bp} , соединяемых болтами	
	выполняемых болтами класса точности А	классов точности В и С, вы- сокопрочных без регулирую- емого натяжения.
1	2	3
360 (37)	475 (4800)	430 (4350)
365 (37)	485 (4900)	440 (4450)
370 (38)	495 (5100)	450 (4600)
380 (39)	515 (5300)	465 (4800)
390 (40)	535 (5500)	485 (5000)
400 (41)	560 (5750)	505 (5200)
430 (44)	625 (6400)	565 (5800)
440 (45)	650 (6650)	585 (6000)
450 (46)	675 (6900)	605 (6200)
460 (47)	695 (7150)	625 (6400)
470 (48)	720 (7350)	645 (6600)
480 (49)	745 (7600)	670 (6850)
490 (50)	770 (7850)	690 (7050)
500 (51)	795 (8150)	710 (7250)
510 (52)	825 (8400)	735 (7500)
520 (53)	850 (8650)	760 (7750)
530 (54)	875 (8950)	780 (7950)
540 (55)	905 (9200)	805 (8200)
570 (58)	990 (10050)	880 (8950)
590 (60)	1045 (10600)	930 (9450)

Таблица 1 – Коэффициенты влияния формы сечения η

Тип сечения	Схема сечения	$\frac{A_f}{A_w}$	Значения η при			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
1		-	1,0	1,0	1,0	
2		-	0,85	0,85	0,85	
3		-	$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	0,85	
4		-	$(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,1	1,1	

5		0,25	$(1,45 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\lambda$	1,2	1,2
		0,5	$(1,75 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,25	1,25
		$\geq 1,0$	$(1,90 - 0,1m) - 0,02(6 - m)\bar{\lambda}$	$1,4 - 0,02\bar{\lambda}$	1,3
6		-	$\eta_5 \left[1 - 0,3(5 - m) \frac{a_1}{h} \right]$	η_5	η_5
7		-	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$

8		0,25	$(0,75 + 0,05m) + 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0
		0,5	$(0,5 + 0,1m) + 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0
		$\geq 1,0$	$(0,25 + 0,15m) + 0,03(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0
9		0,5	$(1,25 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0
		$\geq 1,0$	$(1,5 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0
10		0,5	1,4	1,4	1,4
		1,0	$1,6 - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,6	$1,35 + 0,05m$
		2,0	$1,8 - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,8	$1,3 + 0,1m$

11		0,5	$1,45 + 0,04m$	1,65	$1,45 + 0,04m$	1,65
		1,0	$1,8 + 0,12m$	2,4	$1,8 + 0,12m$	2,4
		1,5	$2,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$	-	-	-
		2,0	$3,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$	-	-	-

Примечания.

1. Для типов сечений 5 – 7 при подсчете значений A_f / A_w площадь вертикальных элементов полок не следует учитывать.

2. Для типов сечений 6 – 7 значения η_5 следует принимать равными значениям η для типа 5 при тех же значениях A_f / A_w .

Таблица 1 – Предельная гибкость сжатых элементов

Элементы конструкций	Предельная гибкость сжатых элементов
1. Пояса, опорные раскосы и стойки, передающие опорные реакции:	
а) плоских ферм, структурных конструкций и пространственных конструкций из труб и парных уголков высотой до 50 м	$180 - 60\alpha$
б) пространственных конструкций из одиночных уголков пространственных конструкций из труб и парных уголков высотой > 50 м	120
2. Элементы, кроме указанных в позиции 1:	
а) плоских ферм, сварных пространственных и структурных конструкций из одиночных уголков, пространственных и структурных конструкций из труб и парных уголков	$210 - 60 \alpha$
б) пространственных и структурных конструкций из одиночных уголков с болтовыми соединениями	$220 - 40\alpha$
3. Верхние пояса ферм, не закрепленные в процессе монтажа (предельную гибкость после завершения монтажа следует принимать по п. 1)	220
4. Основные колонны	$180 - 60 \alpha$
5. Второстепенные колонны (стойки фахверка, фонарей и т.п.), элементы решетки колонн, элементы вертикальных связей между колоннами (ниже подкрановых балок)	$210 - 60 \alpha$
6. Элементы связей, кроме указанных в п. 5, а также стержни, служащие для уменьшения расчетной длины сжатых стержней, и другие ненагруженные элементы	200

Примечание. $\alpha = N / (pAR_{y_c})$ – коэффициент, принимаемый не менее 0,5 (в необходимых случаях вместо φ следует применять φ_e).

Таблица 1– Предельные гибкости растянутых элементов

Элементы конструкции	Предельная гибкость растянутых элементов при воздействии на конструкцию нагрузок		
	динамических, приложенных непосредственно к конструкции	статических	от кранов (см. прим. 4) и железнодорожных составов
1. Пояса и опорные раскосы плоских ферм (включая тормозные фермы) и структурных конструкций	250	400	250
2. Элементы ферм и структурных конструкций, кроме указанных в п. 1	350	400	300
3. Нижние пояса подкрановых балок и ферм	—	—	150
4. Элементы вертикальных связей между колоннами (ниже подкрановых балок)	300	300	200
5. Прочие элементы связей	400	400	300

Примечания: 1. В конструкциях, не подвергающихся динамическим воздействиям, гибкость растянутых элементов следует проверять только в вертикальных плоскостях.

2. Гибкость растянутых элементов, подвергнутых предварительному напряжению, не ограничивается.

3. Для растянутых элементов, в которых при неблагоприятном расположении нагрузки может изменяться знак усилия, предельную гибкость следует принимать как для сжатых элементов; при этом соединительные прокладки в составных элементах необходимо устанавливать не реже чем через 40 i .

4. Значения предельных гибкостей следует принимать при кранах групп режимов работы 7 К (в цехах металлургических производств) и 8К по ГОСТ 25546 – 82.

5. К динамическим нагрузкам, приложенным непосредственно к конструкциям, относятся нагрузки, принимаемые в расчетах на выносливость или в расчетах с учетом коэффициентов динамичности.

Приближенные значения радиусов инерции некоторых сечений

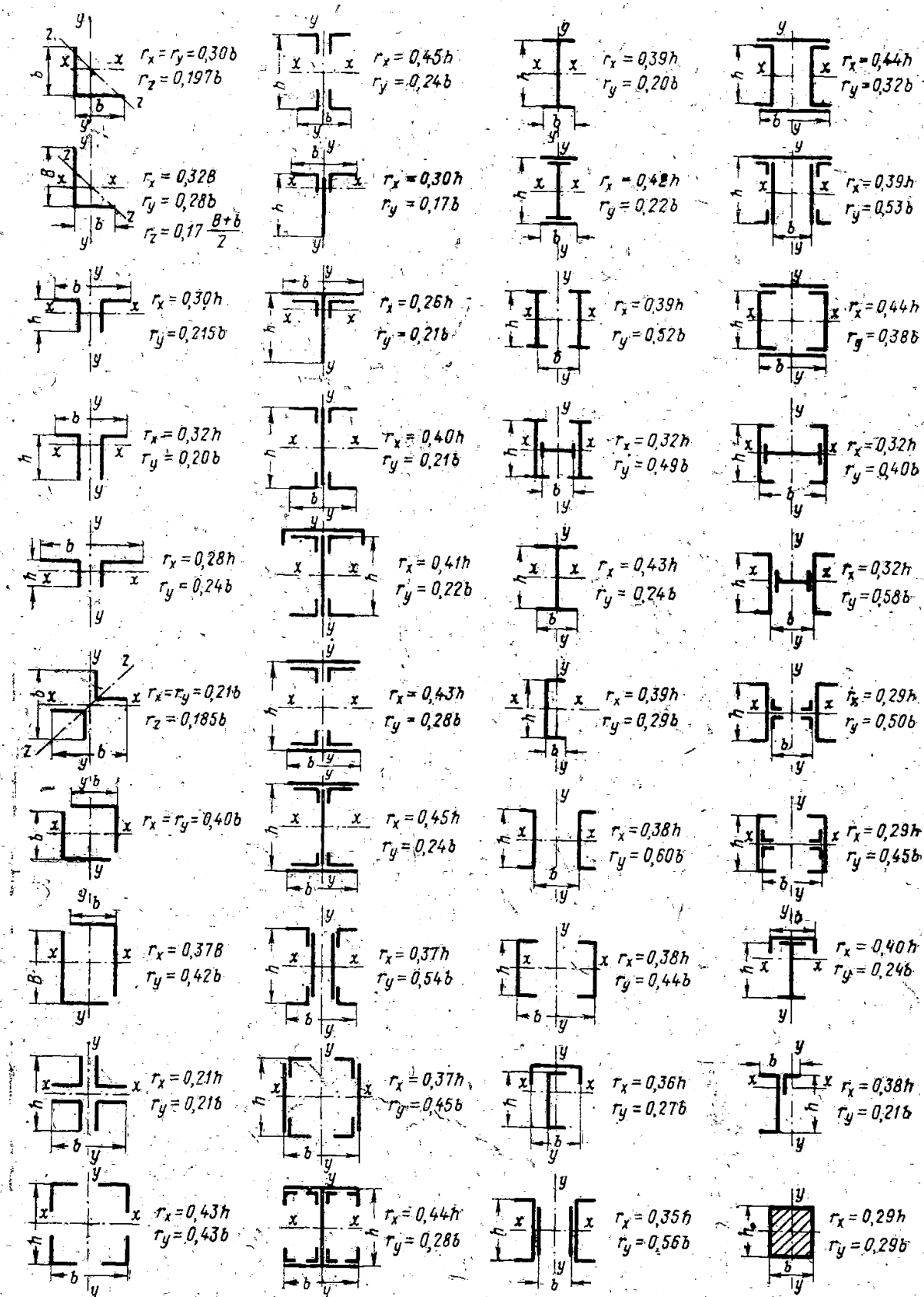


Таблица 9 – Коэффициенты ϕ продольного изгиба центрально сжатых элементов при расчетном сопротивлении

$R_y = 20 \text{ кН/см}^2$

Гибкость	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	939	936	932	929	926	923	919	916	913	909
40	906	903	899	896	893	889	885	881	877	873
50	869	865	861	856	852	848	844	840	835	831
60	827	823	818	814	809	805	800	796	791	787
70	782	777	772	768	763	758	753	748	744	739
80	734	727	720	713	706	700	693	686	679	672
90	665	658	652	645	639	632	625	619	612	606
100	599	593	587	580	574	568	526	556	459	543
110	537	531	525	520	514	508	502	496	491	485
120	479	474	468	463	457	452	477	441	436	430
130	425	420	415	410	405	401	396	391	386	381
140	376	371	366	362	327	352	347	342	338	333
150	328	324	320	317	313	309	305	301	298	294

$R_y = 24 \text{ кН/см}^2$

Гибкость	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	931	928	924	920	916	913	909	905	901	898
40	894	890	886	882	878	874	870	865	861	857
50	852	847	843	838	833	829	824	819	814	810
60	805	800	796	790	785	780	774	769	764	759
70	754	747	740	734	727	720	713	706	700	693
80	686	679	671	664	656	649	642	634	627	619
90	612	605	598	591	584	577	570	563	556	549
100	542	536	529	523	516	510	504	497	491	484
110	478	472	466	460	454	449	443	437	431	425
120	419	414	408	403	397	392	386	381	375	370
130	364	359	354	349	344	340	335	330	325	320
140	315	311	307	303	299	296	292	288	284	280
150	276	273	270	266	263	260	257	254	250	247

$R_y = 28 \text{ кН/см}^2$

Гибкость	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	924	920	916	911	907	903	899	895	891	887
40	883	877	873	869	864	860	856	850	845	840
50	836	831	826	821	816	811	805	800	795	790
60	785	779	773	767	762	755	748	743	736	730
70	724	716	707	699	691	683	674	666	658	649
80	641	633	626	618	611	603	595	588	580	573
90	565	558	551	543	536	529	522	518	507	500
100	493	486	480	473	467	460	453	447	440	434
110	427	421	415	409	403	397	390	384	378	379
120	366	361	355	350	345	340	334	329	324	318
130	313	309	305	301	297	293	288	284	280	276

$$R_y = 32 \text{ кН/см}^2$$

Гибкость	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	917	912	908	903	899	894	890	886	881	878
40	873	868	863	858	853	848	842	837	832	827
50	822	816	811	805	800	794	788	783	777	772
60	766	758	750	742	734	727	729	711	703	695
70	687	679	670	662	653	645	636	628	619	611
80	602	594	586	578	570	562	554	546	538	530
90	522	514	507	499	492	485	478	470	463	455
100	448	441	435	428	421	415	408	401	394	388
110	381	375	369	363	357	351	345	339	333	327
120	321	317	312	308	303	299	294	290	285	281
130	276	272	269	265	262	258	254	251	247	244
140	240	237	234	231	228	226	223	220	217	214
150	211	209	207	204	202	199	197	194	192	189

$$R_y = 36 \text{ кН/см}^2$$

Гибкость	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	911	906	901	897	892	887	882	877	873	868
40	863	858	852	847	841	836	831	825	820	814
50	809	803	798	791	785	779	773	767	761	755
60	749	740	730	721	711	702	692	683	673	664
70	654	645	636	628	619	610	601	592	584	575
80	566	558	549	541	533	525	516	508	500	491
90	483	476	468	461	453	446	438	431	423	416
100	408	401	394	387	380	373	366	359	352	345
ПО	338	333	328	323	318	313	307	302	297	292
120	287	283	279	275	271	267	263	259	255	251
130	247	244	241	237	234	231	228	225	221	218
140	215	212	210	207	205	202	199	197	194	192
150	189	187	185	182	180	178	176	174	171	169

$$R_y = 40 \text{ кН/см}^2$$

Гибкость	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	905	900	895	890	885	880	874	869	864	859
40	854	848	842	837	831	825	819	813	808	802
50	796	789	781	774	766	759	751	744	736	729
60	721	711	701	692	682	672	662	652	643	633
70	623	614	605	596	587	578	568	559	550	541
80	532	524	515	507	498	490	481	473	464	456
90	447	439	431	424	416	408	400	392	385	377
100	369	363	356	350	344	338	331	325	319	312
110	306	301	297	292	288	283	278	274	269	265
120	260	256	253	249	245	241	238	234	230	227
130	223	220	217	215	212	209	206	203	201	198
140	195	193	190	188	185	183	181	178	176	173
150	171	169	167	165	163	162	160	158	156	154

Примечание. Значения коэффициентов φ в таблице увеличены в 1000 раз.

Таблица 1 – Коэффициенты Φ_e для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) сплошно-стенчатых стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии

Условная гибкость $\bar{\lambda}=\lambda\sqrt{R_y/E}$	Коэффициенты Φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}																										
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	17,0	20,0	
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538	469	417	370	337	307	280	260	237	222	210	183	164	150	125	106	090	077	
1,0	925	854	778	711	653	600	563	520	484	427	382	341	307	283	259	240	225	209	196	175	157	142	121	103	086	074	
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439	388	347	312	283	262	240	223	207	195	182	163	148	134	114	099	082	070	
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397	352	315	286	260	240	222	206	193	182	170	153	138	125	107	094	079	067	
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357	317	287	262	238	220	204	190	178	168	158	144	130	118	101	090	076	065	
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320	287	260	238	217	202	187	175	166	156	147	135	123	112	097	086	073	060	
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287	258	233	216	198	183	172	162	153	145	137	125	115	106	092	082	069	057	
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256	232	212	197	181	168	158	149	140	135	127	118	108	098	088	078	066	055	
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229	208	192	178	165	155	146	137	130	125	118	110	101	093	083	075	064	053	
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205	188	175	162	150	143	135	126	120	117	111	103	095	088	079	072	062	051	
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184	170	158	148	138	132	124	117	112	108	104	095	089	084	075	069	060	049	
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166	153	145	137	128	120	115	109	104	100	096	089	084	079	072	066	057	047	
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149	140	132	125	117	112	106	101	097	094	089	083	080	074	068	062	054	045	
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136	127	121	115	108	102	098	094	091	087	083	078	074	070	064	059	052	041	
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113	106	100	095	091	087	083	081	078	076	074	068	065	062	057	053	047	038	
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093	088	085	082	079	075	072	069	066	065	064	061	058	055	051	048	043	035	
10,0	100	097	093	091	090	085	081	080	079	075	072	070	069	065	062	060	059	058	057	055	052	049	046	043	039	032	
11,0	083	079	077	076	075	073	071	069	068	063	062	061	060	057	055	053	052	051	050	048	046	044	040	038	035	029	
12,0	069	067	064	063	062	060	059	059	058	055	054	053	052	051	050	049	048	047	046	044	042	040	037	035	032	027	
13,0	062	061	054	053	052	051	051	050	049	049	048	048	047	045	044	043	042	041	041	039	038	037	035	033	030	026	
14,0	052	049	049	048	048	047	047	046	045	044	043	043	042	041	040	040	039	039	038	037	036	036	034	032	029		
Примечания. 1. Значения коэффициентов Φ_e в таблице увеличены в 1000 раз.																											
2. Значения Φ_e принимать не выше значений Φ .																											

Примечания. 1. Значения коэффициентов Φ_e в таблице увеличены в 1000 раз.

2. Значения Φ_e принимать не выше значений Φ .

Таблица 1 – Коэффициенты φ_e для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) сквозных стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии

Условная приведенная гибкость $\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{R_y / E}$	Коэффициенты φ_e при относительном эксцентриситете m												
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,5	908	800	666	571	500	444	400	364	333	286	250	222	200
1,0	872	762	640	553	483	431	387	351	328	280	243	218	197
1,5	830	727	600	517	454	407	367	336	311	271	240	211	190
2,0	774	673	556	479	423	381	346	318	293	255	228	202	183
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274	238	215	192	175
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255	222	201	182	165
3,5	562	480	402	355	320	294	270	251	235	206	187	170	155
4,0	484	422	357	317	288	264	246	228	215	191	173	160	145
4,5	415	365	315	281	258	237	223	207	196	176	160	149	136
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178	161	149	138	127
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163	147	137	128	118
6,0	255	237	216	198	183	174	165	156	149	135	126	119	109
6,5	221	208	190	178	165	157	149	142	137	124	117	109	102
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125	114	108	101	095
8,0	148	142	136	130	123	118	113	108	105	097	091	085	082
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087	082	079	075	072
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073	070	067	064	062
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064	060	058	056	054
12,0	068	066	064	063	061	060	058	057	056	054	053	050	049
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	049	048	047	046	045
14,0	050	049	048	047	046	046	045	044	043	043	042	042	041

Продолжение таблицы

Условная приведенная гибкость $\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{R_y / E}$	Коэффициенты φ_e при относительном эксцентриситете m													
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	200	182	167	154	143	133	125	111	100	091	077	067	056	048
1,0	197	180	165	151	142	131	121	109	098	090	077	066	055	046
1,5	190	178	163	149	137	128	119	108	096	088	077	065	053	045
2,0	183	170	156	143	132	125	117	106	095	086	076	064	052	045
2,5	175	162	148	136	127	120	113	103	093	083	074	062	051	044
3,0	165	153	138	130	121	116	110	100	091	081	071	061	051	043
3,5	155	143	130	123	115	110	106	096	088	078	069	059	050	042
4,0	145	133	124	118	110	105	100	093	084	076	067	057	049	041
4,5	136	124	116	110	105	100	096	089	079	073	065	055	048	040
5,0	127	117	108	104	100	095	092	086	076	071	062	054	047	039
5,5	118	110	102	098	095	091	087	081	074	068	059	052	046	039
6,0	109	103	097	093	090	085	083	077	070	065	056	051	045	038
6,5	102	097	092	088	085	080	077	072	066	061	054	050	044	037
7,0	095	091	087	083	079	076	074	068	063	058	051	047	043	036
8,0	082	079	077	073	070	067	065	060	055	052	048	044	041	035
9,0	072	069	067	064	062	059	056	053	050	048	045	042	039	035
10,0	062	060	058	056	054	052	050	047	045	043	041	038	036	033
11,0	054	053	052	050	048	046	044	043	042	041	038	035	032	030
12,0	049	048	047	045	043	042	040	039	038	037	034	032	030	028
13,0	045	044	044	042	041	040	038	037	036	035	032	030	028	026
14,0	041	041	040	039	039	038	037	036	035	034	031	029	027	025

Примечания: 1. Значения коэффициентов φ_e в таблице увеличены в 1000 раз.
2. Значения φ_e принимать не выше значений φ .

Таблица 1 – Коэффициенты расчетной длины μ_1 для одноступенчатых колонн с верхним концом, закрепленным только от поворота

[illegible]

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы γ_c
1. Сплошные балки и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т.п. при весе перекрытий, равном или большем временной нагрузки	0,9
2. Колонны общественных зданий и опор водонапорных башен	0,95
3. Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из уголков сварных ферм покрытий и перекрытий (например, стропильных и аналогичных им ферм) при гибкости $\lambda \geq 60$	0,8
4. Сплошные балки при расчетах на общую устойчивость при $\varphi_b < 1,0$	0,95
5. Затяжки, тяги, оттяжки, подвески, выполненные из прокатной стали	0,9
6. Элементы стержневых конструкций покрытий и перекрытий:	
а) сжатые (за исключением замкнутых трубчатых сечений) при расчетах на устойчивость	0,95
б) растянутые в сварных конструкциях	0,95
в) растянутые, сжатые, а также стыковые накладки в болтовых конструкциях (кроме конструкций на высокопрочных болтах) из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²), несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность	1,05
7. Сплошные составные балки, колонны, а также стыковые накладки из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²), несущие статическую нагрузку и выполненные с помощью болтовых соединений (кроме соединений на высокопрочных болтах), при расчетах на прочность	1,1
8. Сечения прокатных и сварных элементов, а также накладок из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²) в местах стыков, выполненных на болтах (кроме стыков на высокопрочных болтах), несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность:	
а) сплошных балок и колонн	1,1
б) стержневых конструкций покрытий и перекрытий	1,05
9. Сжатые элементы решетки пространственных решетчатых конструкций из одиночных равнополочных или неравнополочных (прикрепляемых большей полкой) уголков:	
а) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой сварными швами либо двумя болтами и более, поставленными вдоль уголка:	
раскосы по рис. 9*, а	0,9
распорки по рис. 9*, б, в	0,9
раскосы по рис. 9*, в, г, д	0,8
б) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой, одним болтом (кроме указанных в поз. 9, в настоящей таблицы), а также прикрепляемые через фасонку независимо от вида соединения	0,75
в) при сложной перекрестной решетке с одноболтовыми соединениями по рис. 9*, е	0,7
10. Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков только меньшей полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в поз. 9 настоящей таблицы, раскосов по рис. 9*, б, прикрепляемых непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, поставленными вдоль уголка, и плоских ферм из одиночных уголков	0,75

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы γ_c
11. Опорные плиты из стали с пределом текучести до 285 МПа (2900 кгс/см ²), несущие статическую нагрузку, толщиной, мм:	
а) до 40	1,2
б) св. 40 до 60	1,15
в) « 60 « 80	1,1

Примечания: 1. Коэффициенты условий работы $\gamma_c < 1$ при расчете одновременно учитывать не следует.

2. Коэффициенты условий работы, приведенные соответственно в поз. 1 и 6, в; 1 и 7; 1 и 8; 2 и 7; 2 и 8, а; 3 и 6, в, при расчете следует учитывать одновременно.

3. Коэффициенты условий работы, приведенные в поз. 3; 4; 6, а, в; 7; 8; 9 и 10, а также в поз. 5 и 6, б (кроме стыковых сварных соединений), при расчете соединений рассматриваемых элементов учитывать не следует.

4. В случаях, не оговоренных в настоящих нормах, в формулах следует принимать $\gamma_c = 1$.

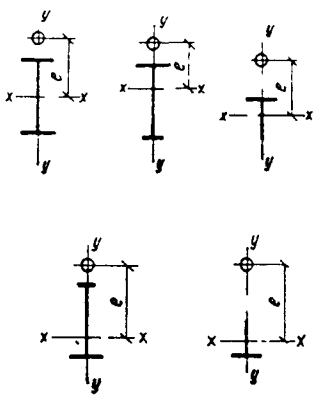
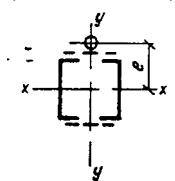
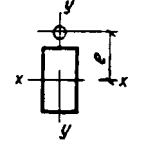
Таблица 1 – Материалы для сварки, соответствующие стали

Группы конструкций в климатических районах	Стали	Материалы для сварки			Покрытыми электродами типов по ГОСТ 9467-75*
		Под флюсом		В углекислом газе (по ГОСТ 8050 – 85)	
		Марки			
		Флюсов (по ГОСТ 9087-81*)	Сварочной проволоки (по ГОСТ 2246-70*)		
2, 3 и 4 – во всех климатических районах, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ , и III ₃ , для которых температура пятидневки < -40°С29	C235, C245, C255, C275, C285	АН-348-А, АН-60	Св-08А, Св-08ГА	Св-08Г2С	Э42, Э46
	09Г2С, С345, С345Т, С375, С375Т, С390, С390Т, С390К, С440, 16Г2АФ	АН-47, АН-43, АН-17-М	Св-10НМА, Св-10Г2*, Св-08ГА*, Св-10ГА*		Э50
	C345К	АН-348-А	Св-08Х1ДЮ	Св-08ХГ2СДЮ	Э50А**
1 – во всех климатических районах; 2, 3 и 4 – в районах I ₁ , I ₂ , II ₂ , и III ₃ , для которых температура пятидневки < – 40°С	C235, C245, C255, C275, C285	АН-348-А	Св-08А, Св-08ГА	Св-08Г2С	Э42А, Э46А
	C345, С345Т, С375, С375Т, 09Г2С	АН-47, АН-43	Св-10НМА, Св-10Г2*, Св-08Г2*, Св-10ГА*		Э50А
	C390,С390Т, С390К, 16Г2АФ, С440	АН-47, АН-17-М	Св-10НМА, Св-10Г2*, Св-08ГА*, Св-10ГА*	Св-08Г2С	Э50А
	C345К	АН-348-А	Св-08Х1ДЮ	Св-08ХГ2СДЮ	Э50**
	C590, С590К, С590КШ	АН-17-М	Св-08ХН2ГМЮ, Св-10НМА	Св-08Г2С, Св-10ХГ2СМА	Э60, Э70

* Не применять в сочетании с флюсом АН – 43.

** Применять только электроды марок ОЗС – 18 и КД – 11.

Таблица 1 – Значения коэффициентов влияния формы сечения

Типы сечений	Значения коэффициентов			
	α при		β при	
	$m_x \leq 1$	$1 < m_x \leq 5$	$\lambda_y \leq \lambda_c$	$\lambda_y > \lambda_c$
Открытые	0,7	$0,65 + 0,05 m_x$	1	$\sqrt{\varphi_c / \varphi_y}$
	$1 - 0,3 \frac{J_2}{J_1}$	$1 - (0,35 - 0,05 m_x) \frac{J_2}{J_1}$	1	$1 - \left(1 - \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}} \right) \left(2 \frac{J_2}{J_1} - 1 \right);$ при $J_2/J_1 < 0,5$ $\beta = 1$
Замкнутые.	0,6	$0,55 + 0,05 m_x$	1	$\sqrt{\varphi_c / \varphi_y}$
с решетками (с планками)  				

Обозначения, принятые в табл. 10:

J_1 и J_2 - моменты инерции соответственно большей и меньшей полок относительно оси симметрии сечения у-у;

φ_c - значение φ_y при $\lambda_y = \lambda_c = 3,14 \sqrt{E / R_y}$.

Примечание. Значения коэффициентов α и β для сквозных стержней с решетками (или планками) следует принимать как для замкнутых сечений при наличии не менее двух промежуточных диафрагм по длине стержня. В противном случае следует принимать коэффициенты, установленные для стержней открытого двутаврового сечения.

Таблица 1 – Расчетные длины элементов плоских ферм

Направление продольного изгиба	Расчетная длина l_{ef}		
	поясов	опорных рас- косов и опор- ных стоек	прочих элементов решетки
1. В плоскости фермы:			
а) для ферм, кроме указанных в поз. 1, б	l	l	$0,8l$
б) для ферм из одиночных уголков и ферм с при- креплением элементов решетки к поясам впритык	l	l	$0,9l$
2. В направлении, перпендикулярном плоскости фермы (из плоскости фермы):			
а) для ферм, кроме указанных в поз. 2, б	l_1	l_1	l_1
б) для ферм с поясами из замкнутых профилей с прикреплением элементов решетки к поясам впри- тык	l_1	l_1	$0,9l_1$

Обозначения, принятые в таблице 11 (рис. 7):

l – геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов) в плоскости фермы;

l_1 – расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы (поясами ферм, специальными связями, жесткими плитами покрытий, прикрепленными к поясу сварными швами или болтами, и т.п.).

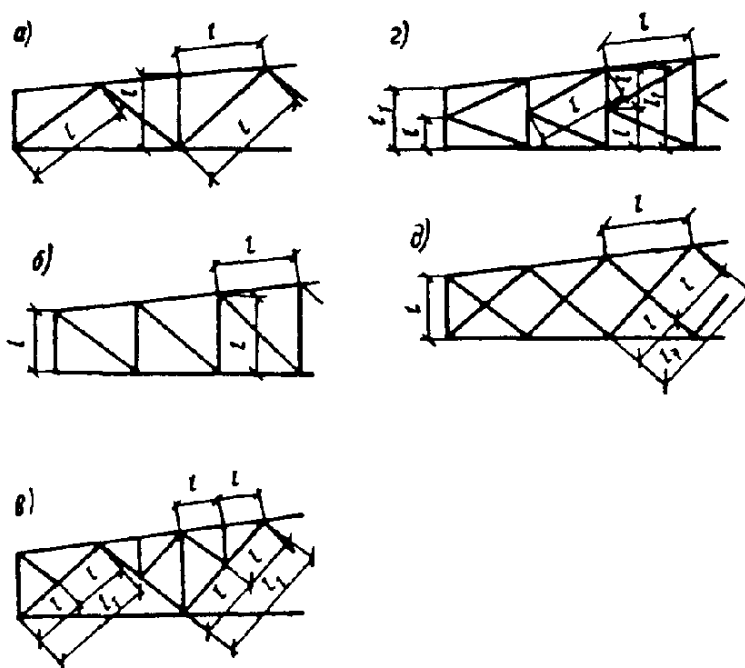


Рисунок 7 – Схемы решеток ферм для определения расчетных длин элементов

Приложение 20

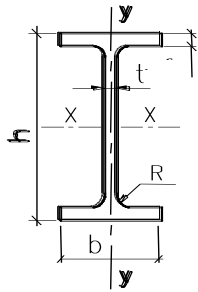


Таблица 1 – Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020 – 83 (Балочные двутавры)

Пример обозначения: I 40Б1/ГОСТ 26020 – 83

№ профиля	Линейная плотность, кг/м	Размеры, мм					Площадь сечения, см ²	Справочные данные для осей						
								x – x				y - y		
		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>t_f</i>	R		<i>I_x</i> , см ⁴	<i>W_x</i> , см ³	<i>S_x</i> , см ³	<i>i_x</i> , см	<i>I_y</i> , см ⁴	<i>W_y</i> , см ³	<i>i_y</i> , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10Б1	8,1	100,0	55	4,1	5,7	7	10,32	171	34,2	19,7	4,07	16,9	5,8	1,24
12Б1	8,7	117,6	64	3,8	5,1		11,03	257	43,8	24,9	4,83	22,4	7	1,42
12Б2	10,4	120,0	64	4,4	6,3		13,21	318	53,0	30,4	4,90	27,7	8,6	1,45
14Б1	10,5	137,4	73	3,8	5,6		13,39	435	63,3	35,8	5,70	36,4	10	1,65
14Б2	12,9	140,0	73	4,7	6,9		16,43	541	77,3	44,2	5,74	44,9	12,3	1,65
16Б1	12,7	157	82	4	5,9	9	16,18	689	87,8	49,5	6,53	54,4	13,3	1,83
16Б2	15,8	160	82	5	7,4		20,09	869	108,7	61,9	6,58	68,3	16,6	1,84
18Б1	15,4	177	91	4,3	6,5	9	19,58	1063	120,1	67,7	7,37	81,9	18	2,04
18Б2	18,8	180	91	5,3	8		23,95	1317	146,3	83,2	7,41	100,8	22,2	2,05
20Б1	22,4	200	100	5,6	8,5	12	28,49	1943	194,3	110,3	8,26	142,3	28,5	2,23
23Б1	25,8	230	110	5,6	9		32,91	2996	260,5	147,2	9,54	200,3	36,4	2,47
26Б1	28	268	120	5,8	8,5	12	35,62	4024	312,0	176,6	10,63	245,6	40,9	2,63
26Б2	31,2	261	120	6	10		39,70	4654	356,6	201,5	10,83	288,8	48,1	2,70

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30Б1	32,9	296	140	5,8	8,5	15	41,92	6328	427,0	240,0	12,29	390,0	55,7	3,05
30Б2	36,6	299	140	6,0	10		46,67	7293	487,8	273,8	12,50	458,6	65,5	3,13
35Б1	38,9	346	155	6,2	8,5	18	49,53	10 060	581,7	328,6	14,25	529,6	68,3	3,27
35Б2	43,3	349	155	6,5	10		55,17	11 550	662,2	373	14,47	622,9	80,4	3,36
40Б1	48,1	392	165	7	9,5	21	61,25	15750	803,6	456	16,03	714,9	86,7	3,42
40Б2	54,7	396	165	7,5	11,5		69,72	18530	935,7	529,7	16,30	865	104,8	3,52
45Б1	59,8	443	180	7,8	11		76,23	24940	1125,8	639,5	18,09	1073,7	119,3	3,75
45Б2	67,5	447	180	8,4	13		85,96	28870	1291,9	732,9	18,32	1269	141	3,84
50Б1	73,0	492	200	8,8	12		92,98	37160	1511	860,4	19,99	1606	160,6	4,16
50Б2	80,7	496	200	9,2	14		102,80	42390	1709	970,2	20,30	1873	187,3	4,27
55Б1	89	543	220	9,5	13,5	24	113,37	55680	2051	1165	22,16	2404	218,6	4,61
55Б2	97	547	220	10	15,5		124,75	62790	2296	1302	22,43	2760	250,9	4,70
60Б1	106,2	593	230	10,5	15,5		135,26	78760	2656	1512	24,13	3154	274,3	4,83
60Б2	115,6	597	230	11	17,5	24	147,30	87640	2936	1669	24,39	3561	309,6	4,92
70Б1	129,3	691	260	12	15,5		164,70	125930	3645	2095	27,65	4556	350,5	5,26
70Б2	144,2	697	260	12,5	18,5	26	183,60	145912	4187	2393	28,19	5437	418,3	5,44
80Б1	159,5	791	280	13,5	17		203,20	199500	5044	2917	31,33	6244	446,0	5,54
80Б2	177,9	798	280	14	20,5	30	226,60	232200	5820	3343	32,01	7527	537,6	5,76
90Б1	194	893	300	15	18,5		247,10	304400	6817	3964	35,09	8365	557,6	5,82
90Б2	213,8	900	300	15,5	22		272,40	349200	7760	4480	35,80	9943	662,8	6,04
100Б1	230,6	990	320	16	21		293,82	446000	9011	5234	38,96	11520	719,9	6,26
100Б2	258,2	998	320	17	25		328,90	516400	10350	5980	39,62	13710	856,9	6,46
100Б3	285,7	1006	320	18	29		364,00	597700	11680	6739	40,18	15900	993,9	6,61
100Б4	314,5	1013	320	19,5	32,5		400,60	655400	12940	7470	40,45	17830	1114,3	6,67

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Широкополочные двутавры														
20Ш1	30,6	196	193	6	9	13	38,95	2660	275	153	8,26	. 507	67,6	3,61
23Ш1	36,2	226	155	6,5	10	14	46,06	4260	377	210	9,62	622	80,2	3,67
26Ш1	42,7	251	180	7	10	16	54,37	6225	496	276	10,70	974	108,2	4,23
26Ш2	49,2	255	180	7,5	12		62,73	7429	583	325	10,88	1168	129,8	4,31
30Ш1	53,6	291	200	8	11	18	68,31	10 400	715	398	12,34	1470	147,0	4,64
30Ш2	61	295	200	8,5	13		77,65	12 200	827	462	12,53	1737	173,7	4,73
30Ш3	68,3	299	200	9	15		87	14 040	939	526	12,70	2004	200,4	4,80
35Ш1	75,1	338	250	9,5	12,5	20	95,67	19 790	1171	651	14,38	3260	261	5,84
35Ш2	82,2	341	250	10,0	14		104,74	22 070	1295	721	14,52	3650	292	5,90
35Ш3	91,30	345	250	10,5	16		116,30	25 140	1458	813	14,70	4170	334	5,99
40Ш1	96,1	388	300	9,5	14	22	122,40	34 360	1771	976	16,76	6306	420	7,18
40Ш2	111,1	392	300	11,5	16		141,60	39 700	2025	1125	16,75	7209	481	7,14
40Ш3	123,4	396	300	12,5	18		157,20	44 740	2260	1259	16,87	8111	541	7,18.
50Ш1	114,4	484	300	11	15	26	145,70	60 930	2518	1403	20,45	6762	451	6,81
50Ш2	138,7	489	300	14,5	17,5		176,60	75 530	2967	1676	20,26	7900	526	6,69
50Ш3	156,4	495	300	15,5	20,5		199,20	84 200	3402	1923	20,56	9520 10	617	6,81
50Ш4	174,1	501	300	16,5	23,5		221,70	96150	3838	2173	20,82	600	707	6,92
60Ш1	142,1	580	320	12	17	28	181,10	107 300	3701	2068	24,35	9302	581	7,17
60Ш2	176,9	587	320	15	20,5		225,30	131800	4490	2544	24,19	11230	702	7,06
60Ш3	205,5	595	320	18	24,5		261,80	156 900	5273	2997	24,48	13 420	839	7,16
60Ш4	234,2	603	320	20	28,5		298,34	182 500	6055	3455	24,73	15 620	976	7,23
70Ш1	169,9	683	320	13,5	19	30	216,40	172 000	5036	2843	28,19	10 400	650	6,93
70Ш2	197,6	691	320	15	23		251,70	205 500	5949	3360	28,58	12 590	787	7,07
70Ш3	235,4	700	320	18	27,5		299,80	247 100	7059	4017	28,72	15 070	942	7,09
70Ш4	268,1	708	320	20,5	31,5		341,60	284 400	8033	5498	28,85	17 270	1079	7,11

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Колонные двутавры														
20K1	41,5	195	200	6,5	10	13	52,82	3820	392	216	8,50	1334	133	5,03
20K2	46,9	198	200	7	11,5	13	59,70	4422	447	247	8,61	1534	153	5,07
23K1	52,2	227	240	7	10,5	14	66,51	6589	580	318	9,95	2421	202	6,03
23K2	59,5	230	240	8	12	14	75,77	7601	661	365	10,02	2766	231	6,04
26K1	65,2	255	260	8	12	16	83,08	10 300	809	445	11,14	3517	271	6,51
26K2	73,2	258	260	9	13,5	16	93,19	11700	907	501	11,21	3957	304	6,52
26K3	83,1	262	260	10	15,5	16	105,90	13 560	1035	576	11,32	4544	349	6,55
30K1	84,8	296	300	9	13,5	18	108,00	18 110	1223	672	12,95	6079	405	7,50
30K2	96,3	300	300	10	15,5	18	122,70	20 930	1395	771	13,06	6980	465	7,54
30K3	108,9	304	300	11,5	17,5	18	138,72	23 910	1573	874	13,12	7881	525	7,54
35K1	109,7	343	350	10	15,0	20	139,70	31610	1843	1010	15,04	10 720	613	8,76
35K2	125,9	348	350	11	17,5	20	160,40	37 090	2132	1173	15,21	12 510	715	8,83
35K3	144,5	353	350	13	20,0	20	184,10	42 970	2435	1351	15,28	14 300	817	8,81
40K1	138,0	393	400	11	16,5	22	175,80	52 400	2664	1457	17,26	17 610	880	10
40K2	165,6	400	400	13	20,0	22	210,96	64 140	3207	1767	17,44	21350	1067	10,06
40K3	202,3	409	400	16	24,5	22	257,80	80 040	3914	2180	17,62	26150	1307	10,07
40K4	242,2	419	400	19	29,5	22	308,60	98 340	4694	2642	17,85	31500	1575	10,10
40K5	291,2	431	400	23	35,5	22	371,00	121 570	5642	3217	18,10	37 910	1896	10,11

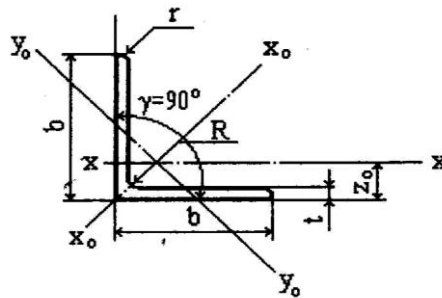
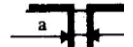


Таблица 1 – Уголки стальные горячекатаные равнополочные по ГОСТ 8509 – 93

Пример обозначения: $\angle 50 \times 50 \times 4$ / ГОСТ 8509 – 93

Размеры, мм				Линейная плотность уголка, кг/м	Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные данные для осей						z ₀ , см	i _y , см, при зазоре a равном, мм		
						x – x		x ₀ – x ₀		y ₀ – y ₀					
b	t	R	r			I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x0} , см ⁴	i _{x0} , см ⁴	I _{y0} , см ⁴	i _{y0} , см ⁴		8	10	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40	4	5	1,7	2,42	3,08	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	1,13	1,96	2,04	2,12
	5			2,98	3,79	5,53	1,21	8,75	1,52	2,30	0,78	1,17	1,98	2,05	2,53
45	4	5	1,7	2,73	3,48	6,63	1,38	10,52	1,74	2,74	0,89	1,26	2,16	2,24	2,32
	5			3,37	4,29	8,03	1,37	12,74	1,72	3,33	0,88	1,30	2,18	2,26	2,34
50	4	5,5	1,8	3,05	3,89	9,21	1,54	14,63	1,94	3,80	0,99	1,38	2,35	2,43	2,51
	5			3,77	4,80	11,20	1,53	17,77	1,92	4,63	0,98	1,42	2,38	2,45	2,53
50	6	5,5		4,47	5,69	13,07	1,52	20,72	1,91	5,43	0,98	1,46			
56	4	6	2	3,44	4,38	13,10	1,73	20,79	2,18	5,41	1,11	1,52	2,58	2,66	2,73
	5			4,25	5,41	15,97	1,72	25,36	2,16	6,59	1,10	1,57	2,61	2,72	2,77

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
63	4	7	2,3	3,90	4,96	18,86	1,95	29,90	2,45	7,81	1,25	1,69	2,86	2,91	3,01
	5			4,81	6,13	23,10	1,94	36,60	2,44	9,52	1,25	1,74	2,89	2,96	3,04
	6			5,72	7,28	27,06	1,93	42,94	2,43	11,18	1,24	1,78	2,90	2,99	3,06
70	5	8	2,7	5,38	6,86	31,94	2,16	50,67	2,72	13,22	1,39	1,90	3,16	3,23	3,30
	6			6,39	8,15	37,58	2,15	59,64	2,71	15,52	1,38	1,94	3,18	3,25	3,33
	7			7,39	9,42	42,98	2,14	68,19	2,69	17,77	1,37	1,99	3,20	3,28	3,36
	8			8,37	10,67	48,16	2,12	76,35	2,68	19,97	1,37	2,02	3,22	3,29	3,37
75	5	9	3	5,80	7,39	39,53	2,31	62,65	2,91	16,41	1,49	2,02	3,35	3,42	2,49
	6			6,89	8,78	46,57	2,30	73,87	2,90	19,28	1,48	2,06	3,37	3,44	3,52
	7			7,96	10,15	53,34	2,29	84,61	2,89	22,07	1,47	2,10	3,40	3,47	3,54
	8			9,02	11,50	59,84	2,28	94,89	2,87	24,80	1,47	2,15	3,43	3,50	3,57
	9			10,07	12,83	66,10	2,27	104,72	2,86	27,48	1,46	2,18	3,44	3,51	3,59
80	6	9	3	7,36	9,38	56,97	2,47	90,40	3,11	23,54	1,58	2,19	3,58	3,65	3,72
	7			8,51	10,85	65,31	2,45	103,66	3,09	26,97	1,58	2,23	3,60	3,67	3,75
	8			9,65	12,30	73,36	2,44	116,39	3,08	30,32	1,57	2,27	3,62	3,69	3,77
90	6	10	3,3	8,33	10,61	82,10	2,78	130,22	3,50	33,97	1,79	2,43	3,64	4,04	4,11
	7			9,64	12,28	94,30	2,77	149,67	3,49	38,94	1,78	2,47	3,99	4,06	4,13
	8			10,93	13,93	106,11	2,76	168,42	3,48	43,80	1,77	2,51	4,01	4,08	4,16
	9			12,20	15,60	118,00	2,75	186,00	3,46	48,60	1,77	2,55	4,04	4,11	4,18
100	7	12	4	10,79	13,75	130,59	3,08	207,01	3,88	54,16	1,98	2,71	4,38	4,45	4,52
	8			12,25	15,60	147,19	3,07	233,46	3,87	60,92	1,98	2,75	4,40	4,47	4,54

Продолжение таблицы 1

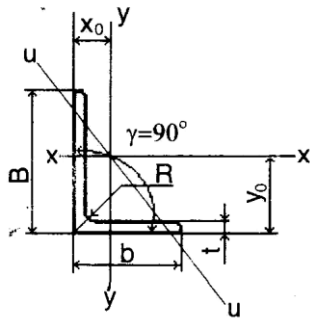
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
100	14	12	4	20,63	26,28	237,15	3,00	374,98	3,78	99,32	1,94	2,99	4,53	4,60	4,68
	16			23,30	29,68	263,82	2,98	416,04	3,74	111,6	1,94	3,06	4,57	4,64	4,72
110	7	12	4	11,89	15,15	175,61	3,40	278,54	4,29	72,68-	2,19	2,96	4,78	4,85	4,92
	8			13,50	17,20	198,17	3,39	314,51	4,28	81,83	2,18	3	4,80	4,87	4,95
125	8	14	4,6	15,46	19,69	294,36	3,87	466,76	4,87	121,96	2,49	3,36	5,39	5,46	5,55
	9			17,30	22,00	327,48	3,86	520,0	4,86	135,38	2,48	3,40	5,41	5,48	5,56
	10			19,10	24,33	359,82	3,85	571,04	4,84	148,59	2,47	3,45	5,44	5,52	5,58
	12			22,68	28,89	422,23	3,82	670,02	4,82	174,43	2,46	3,53	5,48	5,55	5,62
	14			26,20	33,37	481,76	3,80	763,90	4,78	199,62	2,45	3,61	5,52	5,60	5,67
	16			29,65	37,77	538,56	3,78	852,84	4,75	224,25	2,44	3,68	5,56	5,63	5,72
140	9	14	4,6	19,41	24,72	465,72	4,34	739,42	5,47	192,03	2,79	3,78	6,02	6,10	6,16
	10			21,45	27,33	512,29	4,33	813,62	5,46	210,96	2,78	3,82	6,05	6,12	6,19
	12			25,50	32,49	602,49	4,31	956,98	5,43	248,01	2,76	3,90	6,08	6,15	6,25
160	10	16	5,3	24,67	31,43	774,24	4,96	1229,10	6,25	319,3	3,19	4,30	6,84	6,91	6,97
	11			27,02	34,42	844,21	4,95	1340,66	6,24	347,77	3,18	4,35	6,86	6,93	7,00
	12			28,35	37,39	912,89	4,94	1450,00	6,23	375,78	3,17	4,39	6,88	6,95	7,02
	14			33,97	43,57	1046,47	4,92	1662,13	6,20	430,84	3,16	4,47	6,91	6,98	7,05
	16			38,52	49,07	1175,19	4,89	1865,73	6,17	484,64	3,14	4,55	6,95	7,03	7,10
	18			43,01	54,79	1290,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	3,13	4,63	7,00	7,07	7,14
	20			47,44	60,40	1418,85	4,85	2248,26	6,10	589,43	3,12	4,70	7,04	7,11	7,18
180	11	16	5,3	30,47	38,80	1216,44	5,60	1933,10	7,06	499,78	3,59	4,85	7,67	7,74	7,81
	12			33,12	42,19	1316,62	5,59	2092,78	7,04	540,45	3,58	4,89	7,69	7,76	7,83

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200	12	18	6	36,97	47,10	1822,78	6,22	2896,16	7,84	749,40	3,99	5,37	8,48	8,55	8,62
	13			39,92	50,85	1960,77	6,21	3116,18	7,83	805,35	3,98	5,42	8,50	8,58	8,64
	14			42,80	54,60	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	5,46	8,52	8,60	8,66
	16			48,65	61,98	2362,57	6,17	3755,39	7,78	969,74	3,96	5,54	8,56	8,64	8,70
	20			60,08	76,54	2871,47	6,12	4560,42	7,72	1181,92	3,93	5,70	8,65	8,72	8,79
	25			74,02	94,29	3466,21	6,06	5494,04	7,63	1438,38	3,91	5,89	8,74	8,81	8,88
	30			87,56	111,54	4019,60	6,00	6351,05	7,55	1688,16	3,89	6,07	8,83	8,90	8,97
220	14	21	7	47,40	60,38	2814,36	6,83	4470,15	8,60	1158,56	4,38	5,91	9,31	9,37	9,45
	16			53,83	68,58	3175,44	6,80	5045,37	8,58	1305,52	4,36	6,02	9,35	9,42	9,49
250	16	24	8	61,55	78,40	4717,10	7,76	7492,10	9,78	1942,09	4,98	6,75	10,55	10,62	10,68
	18			68,86	87,72	5247,24	7,73	8336,69	9,75	2157,78	4,96	6,83	10,58	10,65	10,72
	20			76,1	96,96	5764,87	7,71	9159,73	9,72	2370,01	4,94	6,91	10,62	10,69	10,76
	22			83,31	106,12	6270,32	7,69	9961,60	9,69	2579,04	4,93	7	10,67	10,74	10,81
	25			93,97	119,71	7006,39	7,65	11125,52	9,64	2887,26	4,91	7,11	10,72	10,79	10,86
	28			104,50	133,12	7716,86	7,61	12243,84	9,59	3189,89	4,90	7,23	10,78	10,85	10,92
	30			111,44	141,96	8176,82	7,59	12964,66	9,56	3388,98	4,89	7,31	10,82	10,89	10,96

Таблица 1 – Уголки стальные горячекатаные неравнополочные по ГОСТ 8510 – 86

Пример обозначения: $\angle 63 \times 40 \times 4$ ГОСТ 8510 – 86



Размеры, мм				Линейная плотность уголка, кг/м	Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные данные для осей					x_0 , см	y_0 , см	Радиусы инерции i_y , см, при зазоре a , равном, мм					
						$x - x$		$y - y$		$u - u$								
B	b	t	R			I_x , см ⁴	i_x , см	I_y , см ⁴	i_y , см	i_{umin} , см			8	10	12	8	10	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
63	40	4	7	3,17	4,04	16,33	2,01	5,16	1,13	0,87	0,91	2,03	1,73	1,81	1,89	3,15	3,23	3,31
		5		3,91	4,98	19,91	2	6,26	1,12	0,86	0,95	2,08	1,75	1,83	1,91	3,19	3,26	3,34
		6		4,63	5,90	23,31	1,99	7,29	1,11	0,86	0,99	2,12	1,78	1,89	1,94	3,21	3,29	3,36
		8		6,03	7,68	29,60	1,96	9,15	1,09	0,85	1,07	2,20	1,83	1,91	1,99	3,26	3,34	3,42
75	50	5	8	4,79	6,11	34,81	2,39	12,47	1,43	1,09	1,17	2,39	2,13	2,21	2,28	3,67	3,75	3,83
		6		5,69	7,25	40,92	2,38	14,60	1,42	1,08	1,21	2,44	2,15	2,22	2,30	3,70	3,78	3,86
		8		7,43	9,47	52,38	2,35	18,52	1,40	1,07	1,29	2,52	2,19	2,27	2,37	3,75	3,83	3,91
80	50	5	8	4,99	6,36	41,64	2,56	12,68	1,41	1,09	1,13	2,60	2,09	2,16	2,23	3,94	4,02	4,11
		6		5,92	7,55	48,98	2,55	14,85	1,40	1,08	1,17	2,65	2,10	2,18	2,26	3,90	4,05	4,13

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
90	56	5,5	9	6,17	7,86	65,28	2,88	19,67	1,58	1,22	1,26	2,92	2,29	2,36	2,44	4,40	4,47	4,55
		6		6,70	8,54	70,58	2,88	21,22	1,58	1,22	1,28	2,95	2,30	2,38	2,45	4,42	4,49	4,57
		8		8,77	11,18	90,87	2,85	27,08	1,56	1,21	1,36	3,04	2,35	2,43	2,51	4,47	4,52	4,62
100	63	6	10	7,53	9,59	98,29	3,20	30,58	1,79	1,38	1,42	3,23	2,55	2,52	2,70	4,84	4,92	4,99
		7		8,70	11,09	112,9	3,19	34,99	1,78	1,37	1,46	3,28	2,57	2,64	2,72	4,87	4,95	5,02
		8		9,87	12,57	127,0	3,18	39,21	1,77	1,36	1,50	3,32	2,59	2,66	2,74	4,89	4,97	5,04
		10		12,14	15,47	133,8	3,15	47,13	1,75	1,35	1,58	3,40	2,64	2,71	2,79	4,94	5,01	5,09
110	70	6,5	10	8,98	11,45	142,4	3,53	45,61	2,00	1,53	1,58	3,55	2,81	2,88	2,96	5,30	5,37	5,44
		8		10,93	13,93	171,5	3,51	54,64	1,98	1,52	1,64	3,61	2,84	2,92	2,99	5,33	5,41	5,49
125	80	7	11	11,04	14,06	226,5	4,01	73,73	2,29	1,76	1,80	4,01	3,17	3,24	3,31	5,96	6,04	6,11
		8		12,53	15,96	255,6	4,00	82,95	2,28	1,75	1,84	4,05	3,19	3,27	3,34	5,98	6,06	6,13
		10		15,47	19,70	311,6	3,98	100,5	2,26	1,74	1,92	4,14	3,23	3,31	3,38	6,04	6,11	6,19
		12		18,34	23,36	364,8	3,95	116,8	2,24	1,72	2,00	4,22	3,28	3,35	3,43	6,08	6,15	6,23
140	90	8	12	14,13	18,00	363,7	4,49	119,8	2,58	1,98	2,03	4,49	3,55	3,61	3,69	6,64	6,72	6,79
		10		17,46	22,24	444,5	4,47	145,5	2,56	1,96	2,12	4,58	3,60	3,67	3,74	6,69	6,77	6,84
160	100	9	13	17,96	22,87	606,0	5,15	186,0	2,85	2,20	2,24	5,19	3,87	3,95	4,02	7,60	7,67	7,75
		10		19,85	25,28	666,6	5,13	204,1	2,84	2,19	2,28	5,23	3,90	3,97	4,04	7,62	7,69	7,77
		12		23,58	30,04	784,2	5,11	238,8	2,82	2,18	2,36	5,32	3,95	4,02	4,09	7,67	7,75	7,82
		14		27,26	34,72	897,2	5,08	271,6	2,80	2,16	2,43	5,40	3,98	4,05	4,13	7,71	7,78	7,86
180	110	10	14	22,24	28,33	952,3	5,80	276,4	3,12	2,42	2,44	5,88	4,22	4,29	4,36	8,55	8,62	8,69
		12		26,44	33,69	1123	5,77	324,1	3,10	2,40	2,52	5,97	4,26	4,33	4,40	8,59	8,67	8,75
200	125	11	14	27,37	34,87	1449	6,45	446,4	3,58	2,75	2,79	6,50	4,79	4,86	4,93	9,44	9,51	9,59
		12		29,74	37,89	1568	6,43	481,9	3,57	2,74	2,83	6,54	4,81	4,88	4,95	9,46	9,54	9,62
		14		34,43	43,87	1801	6,41	550,8	3,54	2,73	2,91	6,62	4,85	4,92	4,99	9,50	9,58	9,65
		16		39,07	49,77	2026	6,38	616,7	3,52	2,72	2,99	6,71	4,89	4,95	5,03	9,55	9,69	9,70
250	160	12	18	37,9	48,32	3147	8,07	1032	4,62	3,64	3,53	7,97	6,07	6,13	6,20	11,62	11,71	11,70
		16		49,9	63,59	4091	8,02	1333	4,58	3,50	3,69	8,14	6,14	6,21	6,27	11,73	11,78	11,86
		18		55,8	71,13	4545	7,99	1475	4,56	3,49	3,77	8,23	6,18	6,24	6,31	11,76	11,84	11,91
		20		61,7	78,54	4987	7,97	1613	4,53	3,48	3,85	8,31	6,20	6,28	6,35	11,81	11,88	11,95

Таблица 1 – Рекомендуемые толщины фасонки

Максимальные усилие в стержнях ре- шетки, кН	До 150	160 – 250	260 – 400	410 – 600	610 – 1000	1010 – 1400	1410 – 1800	Более 1800
Толщина фасонки, мм	6	8	10	12	14	16	18	20

УЧЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

1. Для учета ответственности зданий и сооружений, характеризующейся социальными, экологическими и экономическими последствиями их отказов, устанавливаются три класса: КС-3 – повышенный, КС-2 – нормальный, КС-1 – пониженный.

Повышенный уровень ответственности следует принимать для зданий и сооружений, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям (резервуары для нефти и нефтепродуктов вместимостью 10000 м³ и более, магистральные трубопроводы, производственные здания с пролетами 100 м и более, сооружения связи высотой 100 м и более, а также уникальные здания и сооружения).

Нормальный уровень ответственности следует принимать для зданий и сооружений массового строительства (жилые, общественные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения).

Пониженный уровень ответственности следует принимать для сооружения сезонного или вспомогательного назначения (парники, теплицы, летние павильоны, небольшие склады и подобные сооружения).

2. При расчете несущих конструкций и оснований следует учитывать коэффициент надежности по ответственности γ_n , принимаемый по ГОСТ 27751-2014: для повышенного уровня ответственности – 1,1; для нормального уровня – 1,0; для пониженного уровня – 0,8.

На коэффициент надежности по ответственности следует умножать нагрузочный эффект (внутренние силы и перемещения конструкций и оснований, вызываемые нагрузками и воздействиями), определяемые при расчете на основные сочетания по первой группе предельных состояний.

При расчете по второй группе предельных состояний сооружений коэффициент надежности по ответственности допускается принимать равным единице.

Примечание. Настоящий пункт не распространяется на здания и сооружения, учет ответственности которых установлен в соответствующих нормативных документах.

3. Уровни ответственности зданий и сооружений следует учитывать также при определении требований к долговечности зданий и сооружений, номенклатуры и объема инженерных изысканий для строительства, установлении правил приемки, испытаний, эксплуатации и технической диагностики строительных объектов.

4. Отнесение объекта к конкретному уровню ответственности и выбор значений коэффициента γ_n производится генеральным проектировщиком по согласованию с заказчиком.

Таблица 1 – Значения k_{ed}

Высота H^* , м	k_{ed} для типов местности			Высота H^* , м	k_{ed} для типов местности		
	А	В	С		А	В	С
0÷5	0,750	0,500	0,400	23	1,117	0,750	0,489
6	0,758	0,505	0,400	24	1,131	0,762	0,497
7	0,776	0,516	0,400	25	1,145	0,773	0,506
8	0,799	0,530	0,400	26	1,158	0,784	0,514
9	0,826	0,545	0,400	27	1,171	0,795	0,523
10	0,854	0,563	0,400	28	1,183	0,805	0,531
11	0,882	0,579	0,401	29	1,195	0,815	0,540
12	0,907	0,596	0,405	30	1,206	0,825	0,548
13	0,903	0,611	0,410	31	1,217	0,835	0,557
14	0,951	0,626	0,416	32	1,228	0,845	0,565
15	0,972	0,641	0,422	33	1,239	0,855	0,573
16	0,992	0,655	0,430	34	1,249	0,864	0,582
17	1,012	0,669	0,437	35	1,259	0,874	0,590
18	1,031	0,684	0,445	36	1,269	0,883	0,599
19	1,049	0,698	0,454	37	1,279	0,892	0,607
20	1,068	0,711	0,463	38	1,289	0,901	0,616
21	1,085	0,725	0,471	39	1,299	0,910	0,624
22	1,102	0,736	0,480	40	1,309	0,920	0,632

* H – расстояние от уровня земли до ригеля рамы в расчетной схеме

Таблица 1 – Значения коэффициента k в зависимости от типа местности

Высота z , м	Коэффициент k для типов местности		
	A	B	C
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
≥ 480	2,75	2,75	2,75

П р и м е ч а н и е . При определении ветровой нагрузки типы местности могут быть различными для разных расчетных направлений ветра.

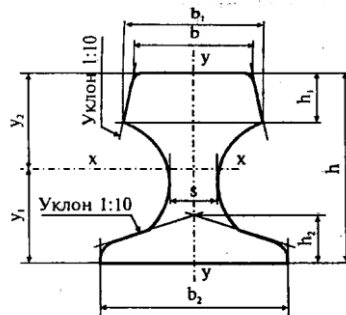


Таблица 1. Сортамент крановых рельсов по ГОСТ 4121 – 76*

Тип рельса	b	b_1	b_2	s	h	h_1	h_2	R	R_A	R_B	r	r_1	r_2
	Размер рельса, мм												
КР 70	70	76,5	120	28	120	32,5	24	400	23	38	6	6 !	1,5
КР 80	80	87	130	32	130	35	26	400	26	44	8	6	1,5
КР 100	100	108	150	38	150	40	30	450	30	50	8	8	2
КР 120	120	129	170	44	170	45	35	500	34	56	8	8	2
КР 140	140	150	170	60	170	50	40	700	40	60	10	10	3

Тип рельса	Площадь поперечного сечения рельса, см ²	Справочные данные для осей x-x и y-y									
		Расстояние до центра тяжести, см		Момент инерции, см ⁴			Момент сопротивления, см ³				Масса 1 м рельса, кг
				I _x	I _y	I _p	W ₁ = $\frac{I_x}{y_1}$	W ₂ = $\frac{I_x}{y_2}$	W ₃ = $\frac{I_y}{0,5b_2}$	W _p	
КР 70	67,22	5,93	6,07	1083,25	319,68	1402,92	178,33	178,46	53,28	167,54	52,77
КР 80	81,84	6,47	6,53	1523,69	468,55	1992,24	233,37	233,34	72,08	218,71	64,24
КР 100	113,44	7,63	7,37	2805,88	919,52	3725,4	367,86	380,72	122,66	350,92	89,05
КР 120	150,69	8,69	8,31	4794,22	1671,96	6466,18	551,69	576,92	196,7	535,59	118,29
КР 140	187,24	8,75	8,25	5528,27	2608,71	8136,98	632,07	670,09	306,91	673,89	146,98

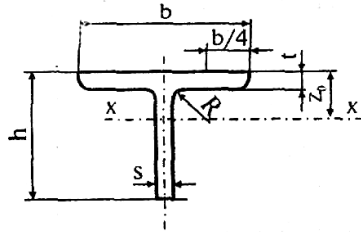


Таблица 1 – Сортамент тавров с параллельными гранями полки по ТУ 14 – 2 – 685 – 86, получаемых продольной разрезкой пополам горячекатаных двутавров с параллельными гранями полок (ГОСТ 26020 – 83)

Номер профиля	h	b	s	t	R	Площадь поперечного сечения	Масса 1 м, кг	Справочные значения для осей							z_0 , см
	мм							$x - x$				$y - y$			
								I_x , см ⁴	$W_x^{\min}$, см ³	$W_x^{\max}$, см ³	i_x , см	I_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Нормальные тавры (БТ)															
10 БТ 1	96,5	100	5,6	8,5	12	14,05	11	106	14,1	49,2	2,74	71,2	14,2	2,25,	2,15
11,5 БТ 1	111,5	110	5,6	9	12	16,26	12,8	165	18,9	67,4	3,19	100	18,2	2,48	2,45
13 БТ 1 13	125,5	120	5,8	8,5	12	17,6	13,8	240	24,8	83,8	3,7	123	20,5	2,64	2,87
БТ 2	127	120	6	10		19,64	15,4	261	26,4	93,5	3,65	144	24,1	2,71	2,79
15 БТ 1 15	144,5	140	5,8	8,5	15	20,75	16,3	374	33,3	117	4,25	195	27,9	3,07	3,21
БТ 2	146	140	6	10		23,13	18,2	405	35,2	130	4,18	229	32,8	3,15	3,11
17,5 БТ 1	169,5	155	6,2	8,5	18	24,55	19,3	635	48,7	162 1	5,09	265	34,2	3,29	3,92
17,5 БТ 2	171	155	6,5	10		27,36	21,5	693	52,2	81	5,03	311	40,2	3,37	3,82
20 БТ 1	192,5	165	7	9,5	21	30,38	23,8	1030	70,4	225	5,83	358	43,4	3,43	4,59
20 БТ 2	194,5	165	7,5	11,5		34,59	27,2	1160	77,2	257	5,78	433	52,5	3,54	4,49
22,5 БТ 1	218	180	7,8	11	21	37,84	29,7	1660	100	317	6,63	537	59,7	3,77	5,25
22,5 БТ 2	220	180	8,4	13		42,68	33,5	1860	110	558	6,59	635	70,5	3,86	5,18
25 БТ 1	242,5	200	8,8	12	21	46,18	36,2	2550	140	428	7,44	803	80,3	4,17	5,97
25 БТ 2	244,5	200	9,2	14		51,1	40,1	2780	149	478	7,37	937	93,7	4/28	5,82
27,5 БТ 1	268	220	9,5	13.5	24	56,35	44,2	3750	185	580	8,17	1200	109	4,62	6,48
27,5 БТ 2	270	220	10	15,5		62,02	48,7	4060	198	641	8,11	1380	126	4,72	6,37

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 БТ 1	293	230	10	15,5	24	67,26	52,8	5390	243	751	8,95	1580	137	4,84	7,17
30 БТ 2	295	230	11	17,5		73,25	57,5	5810	259	821	8,9	1780	155	4,93	7,07
35 БТ 1	342	260	12	15,5	24	81,95	64,3	9420	374	1048	10,7	2280	175	5,27	8,99
35 БТ 2	345	260	12,5	18,5		91,38	71,7	10310	399	1190	10,6	2720	209	5,45	8,87
40 БТ 1	392	280	13,5	17	26	101,12	79,4	15580	547	1460	12,4	3120	223	5,56	10,7
40 БТ 2	395,5	280	14	20,5		112,8	88,5	17070	583	1660	12,3	3760	269	5,78	10,3
45 БТ 1	443	300	15	18,5	30	123,04	96,6	24520	770	1970	14,1	4180	279	5,83	12,4
45 БТ 2	446,5	300	15,5	22		135,66	106,5	26660	816	2230	14	4970	331	6,05	12
50 БТ 1	491,5	320	16	21	30	146,34	114,9	35830	1010	2610	15,6	576,0	360	6,27	13,7
50 БТ 2	495,5	320	17	25		163,85	128,6	39760	1100	2970	15,6	6860	428,5	6,47	13,4
50 БТ 3	499,5	320	18	29		181,35	142,3	43670	1190	3320	15,5	7950	497	6,62	13,2
50 БТ 4	503	320	19,5	32,5		199,61	156,7	48190	1300	3640	15,5	8910	557	6,68	13,2
Широкополочные тавры (ШТ)															
10 ШТ 1	93	150	6	9	13	19,27	15,1	110	14,5	65	2,39	254	33,8	3,63	1,69
11,5 ШТ 1	109,5	155	6,5	10	14	22,81	17,9	192	21,7	92,2	2,9	311	40,1	3,69	2,08
13 ШТ 1	122	180	7	10	16	26,94	21,15	288	29,1	125	3,27	487	54,1	4,25	2,3
13 ШТ 2	124	180	7,5	12		31,1	24,4	324	32,1	140	3,23	584	64,9	4,33	2,31
15 ШТ 1	142	200	8	11	18	33,97	26,6	512	44,9	184	3,89	735	73,5	4,66	2,79
15 ШТ 2	144	200	8,5	13		38,53	30,2	569	48,9	205	3,84	868	86,8	4,75	2,77
15 ШТ 3	146	200	9	15		43,18	33,9	627	53	225	3,81	1000	100	4,82	2,78
17,5ШТ 1	165,5	250	9,5	12,5	20	47,5	37,3	971	72,7	3,04	4,52	630	130	5,86	3,2
17,5ШТ 2	167	250	10	14		52,02	40,8	1050	77,7	329	4,49	1830	146	5,92	3,19
17,5 ШТ 3	169	250	10,5	16		57,78	45,4	1140	83,3	359	4,45	2090	167	6,01	3,19
20 ШТ 1	190,5	300	9,5	14	22	60,84	47,8	1530	97,8	456	5,02	3150	210	7,2	3,37
20 ШТ 2	192,5	300	11,5	16		70,37	55,2	1860	119	516	5,15	3610	240	7,16	3,61
20 ШТ 3	194,5	300	12,5	18		78,14	61,3	2070	131	563	5,15	4060	270	7,2	3,68
25 ШТ 1	238,5	300	11	15	26	72,49	56,9	3320	175	684	6,76	3380	225	6,83	4,85
25 ШТ 2	241	300	14,5	17,5		87,81	68,9	4300	230	801	7	3950	263	6,71	5,37
25 ШТ 3	244	300	15,5	20,5		99,04	77,7	4780	251	896	6,95	4630	308	6,83	5,34
25 ШТ 4	247	300	16,5	23,5		110,28	86,6	5280	273	986	6,92	5300	353	6,93	5,35

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 ШТ 1	286,5	320	12	17	28	90,1	70,7	6180	273	1020	8,28	4650	291	7,19	6,05
30 ШТ 2	290	320	16	20,5		112,08	88	8160	365	1230	8,53	5610	351	7,08	6,65
30 ШТ 3	294	320	18	24,5		130,27	102,3	9500	419	1410	8,54	6710	419	7,18	6,75
30 ШТ 4	298	320	20	28,5		148,46	116,5	10890	475	1580	8,56	7810	488	7,25	6,88
35 ШТ 1	338	320	13,5	19	30	107,73	84,6	10980	422	1414	10,1	5200	325	6,95	7,76
35 ШТ 2	342	320	15	23		125,31	98,4	12660	478	1640	10,1	6300	394	7,09	7,74
35 ШТ 3	346,5	320	18	27,5		149,28	117,2	15440	581	1910	10,2	7540	471	7,10	8,09
35 ШТ 4	350,5	320	20,5	31,5		170,06	133,5	17890	671	2140	10,3	8640	540	7,13	8,37
35 ШТ 5	355,5	320	23	36,5		194,03	152,3	20660	767	2400	10,3	10010	626	7,18	8,6
Колонные тавры КТ															
10 КТ 1	94	200	6,5	10	13	26,19	20,6	129	16,3	85,6	2,22	667	66,7	5,05	1,5
10 КТ 2	95,5	200	7	11,5		29,61	23,2	144	18	93,2	2,2	767	76,7	5,09	1,54
11,5 КТ 1	110	240	7	10,5	14	33,01	25,9	225	24,2	132	2,61	1210	101	6,06	1,71
11,5 КТ 2	111,5	240	8	12		37,6	29,5	263	28,1	146	2,65	1380	115	6,07	1,81
13 КТ 1	124	260	8	12		41,26	32,4	365	35	185	2,98	1760	135	6,53	1,97
13 КТ 2	125,5	260	9	13,5	16	46,28	36,3	419	40	203	3,01	1980	152	6,54	2,07
13 КТ 3	127,5	260	10	15,5		52,6	41,3	481	45,5	223	3,03	2270	175	6,57	2,16
15 КТ 1	144,5	300	9	13,5		53,69	42,1	652	53,6	285	3,49	3040	203	7,52	2,29
15 КТ 2	146,5	300	10	15,5	18	60,99	47,9	745	60,7	314	3,5	3490	233	7,56	2,38
15 КТ 3	148,5	300	11,5	17,5		68,96	54,1	875	70,9	347	3,56	3940	263	7,56	2,52
17,5 КТ 1	168	350	10	15		69,52	54,6	1150	80,8	436	4,06	5360	306	8,78	2,63
17,5 КТ 2	170,5	350	1,1	17,5	20	79,8	62,6	1300	90,9	483	4,04	6260	357	8,85	2,7
17,5 КТ 1	173	350	13	20		91,61	71,9	1570	109	541	4,14	7150	409	8,84	2,91
20 КТ 1	193	400	11	16,5		87,4	68,7	1920	118	640	4,68	8800	440	10,1	3
20 КТ 2	196,5	400	13	20		105,02	82,4	2340	142	738	4,73	10670	534	10,1	3,18
20 КТ 3	201	400	16	24,5	22	128,32	100,7	3000	180	865	4,83	13080	654	10,1	3,46
20 КТ 4	206	400	19	29,5		153,61	120,6	3730	221	994	4,93	15750	787	10,1	3,75
20 КТ 5	212	400	23	35,5		184,67	145	4750	278	1150	5,07	18960	948	10,1	4,13

Примечание. Применение тавров по ТУ 14 – 2 – 685 – 86 возможно только по согласованию с организациями или заводами-изготовителями.

Таблица 1 – Марки стали для фундаментных болтов

Сталь марки	Климатический район строительства (расчетная t , °C)
ВстЗкп2 и ВстЗпс2 по ГОСТ 380 – 71*, 20 по ГОСТ 1050 – 88 09Г2С – 6 и 10Г2С1 – 6 по ГОСТ 19281 – 89 09Г2С – 8 и 10Г2С1 – 8 по ГОСТ 19281 – 89	II ₄ (-30> t ≥40); II ₅ и др. (t ≥-30) I ₂ , II ₂ , III ₃ (-40> t ≥-50) I ₁ (-50> t ≥-65)

Таблица 1 – Расчетное значение веса снегового покрова S_q на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли следует принимать в зависимости от снегового района Российской Федерации

Снеговые районы Российской Федерации (принимаются по карте 1 обязательного приложения 5 СНиП 2.01.07 – 85*)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_q , кПа (кгс/м ²)	0,8 (80)	1,2 (120)	1,8 (180)	2,4 (240)	3,2 (320)	4,0 (400)	4,8 (480)	5,6 (560)

Примечание. В горных и малоизученных районах, обозначенных на карте 1 обязательного [приложение 5](#), в пунктах с высотой над уровнем моря более 1500 м, в местах со сложным рельефом, а также при существенном отличии местных данных от приводимых в таблице 4 расчетные значения веса снегового покрова следует устанавливать на основе данных Росгидромета. При этом в качестве расчетного значения S_q следует принимать превышаемый в среднем один раз в 25 лет ежегодный максимум веса снегового покрова, определяемый на основе данных маршрутных снегосъемок о запасах воды на защищенных от прямого воздействия ветра участках (в лесу под кронами деревьев или на лесных полянах) за период не менее 20 лет.

Принимаются следующие типы местности:

A - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

B - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

C - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ - при высоте сооружения h до 60 м и 2 км - при большей высоте.

Таблица 2 – Нормативное значение ветрового давления w_0

Ветровые районы РФ (принимаются по карте 3 обязательного приложения 5 СНиП 2.01.07 – 85*)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 , кПа (кгс/м ²)	0,17 (17)	0,23 (23)	0,30 (30)	0,38 (38)	0,48 (48)	0,60 (60)	0,73 (73)	0,85 (85)

Таблица 1 – Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты μ

Номер схемы	Профили покрытий и схемы снеговых нагрузок	Коэффициент μ и область применения схем
1	Здания с односкатными и двускатными покрытиями	$\mu = 1 \text{ при } \alpha \leq 25^\circ;$ $\mu = 0 \text{ « } \alpha \geq 60^\circ.$ Варианты 2 и 3 следует учитывать для зданий с двускатными покрытиями (профиль б), при этом вариант 2 - при $20^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$; вариант 3 - при $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ только при наличии ходовых мостиков или аэрационных устройств по коньку покрытия
2	Здания с продольными фонарями закрытыми сверху	$\mu_1 = 0,8; \mu_2 = 1 + 0,1 \frac{a}{b};$ $\mu_3 = 1 + 0,5 \frac{a}{b_l} \text{ но не более:}$ 4,0 - для ферм и балок при нормативном значении веса покрытия 1,5 кПа и менее; 2,5 - для ферм и балок при нормативном значении веса покрытия свыше 1,5 кПа; 2,0 - для железобетонных плит пролетом свыше 6 м и менее и для стального профилированного настила; 2,5 - для железобетонных плит пролетом свыше 6 м, а также для прогонов независимо от пролета; $b_l = h_l$, но не более b. При определении нагрузки у торца фонаря для зоны В значение коэффициента μ в обоих вариантах следует принимать равным 1,0 Примечания: 1. Схемы вариантов 1, 2 следует также применять для двускатных и сводчатых покрытий двух-трехпролетных зданий с фонарями в середине зданий. 2. Влияние ветроотбойных щитов на распределение снеговой нагрузки возле фонарей не учитывать. 3. Для плоских скатов при $b > 48$ м следует учитывать местную повышенную нагрузку у фонаря, как у перепадов (см. схему 8)

Таблица 2 – Схемы ветровых нагрузок и аэродинамические коэффициенты С

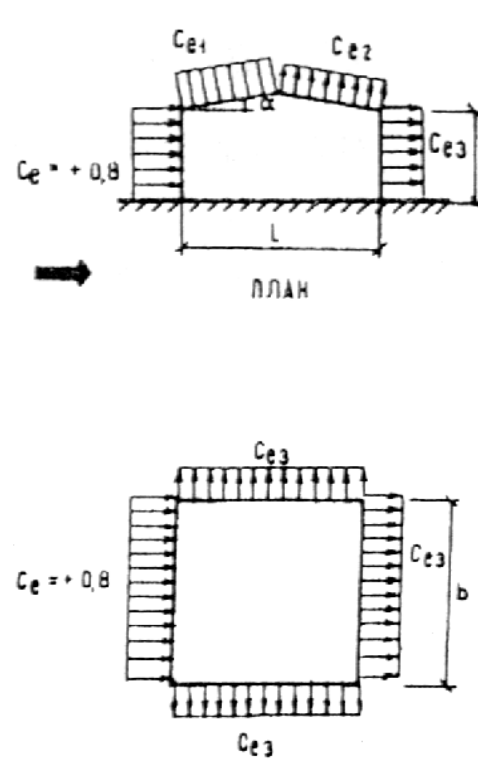
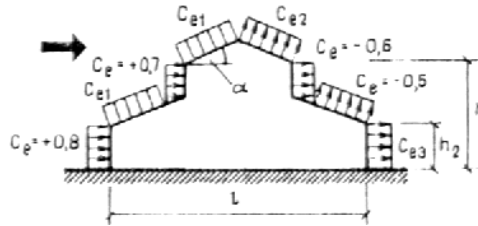
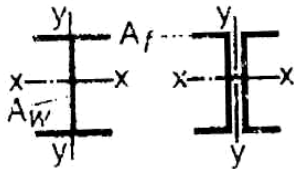
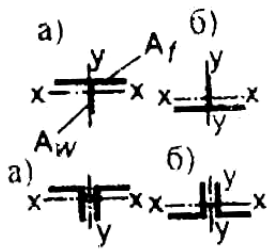
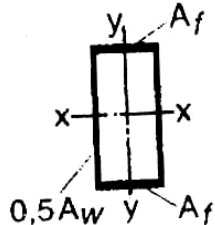
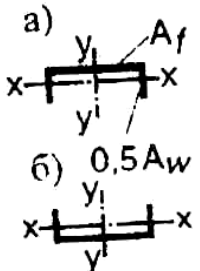
№ схемы	Схемы зданий, сооружений, элементов конструкций и ветровых нагрузок	Определение аэродинамических коэффициентов c	Примечания																																					
1	Здания с двускатными покрытиями  ПЛАН	<table><tr><th rowspan="2">Коеф- эф- фици- ент</th><th rowspan="2">α, град</th><th colspan="4">Значения c_{e1}, c_{e2} при $\frac{h_1}{l}$, равном</th></tr><tr><th>0</th><th>0,5</th><th>1</th><th>≥ 2</th></tr><tr><td rowspan="4">c_{e1}</td><td>0</td><td>0</td><td>-0,6</td><td>-0,7</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>20</td><td>+0,2</td><td>-0,4</td><td>-0,7</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>40</td><td>+0,4</td><td>+0,3</td><td>-0,2</td><td>-0,4</td></tr><tr><td>60</td><td>+0,8</td><td>+0,8</td><td>+0,8</td><td>+0,8</td></tr><tr><td>c_{e2}</td><td>≤ 60</td><td>-0,4</td><td>-0,4</td><td>-0,5</td><td>-0,8</td></tr></table>	Коеф- эф- фици- ент	α , град	Значения c_{e1}, c_{e2} при $\frac{h_1}{l}$, равном				0	0,5	1	≥ 2	c_{e1}	0	0	-0,6	-0,7	-0,8	20	+0,2	-0,4	-0,7	-0,8	40	+0,4	+0,3	-0,2	-0,4	60	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	c_{e2}	≤ 60	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8	1. При ветре перпендикулярном торцу зданий, для всей поверхности покрытия $c_e = -0,7$. 2. При определении коэффициента v в соответствии с п. 6.9 СНиП 2.01.07 – 85* $h = h_1 + 0,2ltg\alpha$
		Коеф- эф- фици- ент			α , град	Значения c_{e1}, c_{e2} при $\frac{h_1}{l}$, равном																																		
0	0,5		1	≥ 2																																				
c_{e1}	0	0	-0,6	-0,7	-0,8																																			
	20	+0,2	-0,4	-0,7	-0,8																																			
	40	+0,4	+0,3	-0,2	-0,4																																			
	60	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8																																			
c_{e2}	≤ 60	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8																																			
<table><tr><th rowspan="2">$\frac{b}{l}$</th><th colspan="3">Значения c_{e3} при $\frac{h_1}{l}$, равном</th></tr><tr><th>$\leq 0,5$</th><th>1</th><th>≥ 2</th></tr><tr><td>≤ 1</td><td>-0,4</td><td>-0,5</td><td>-0,6</td></tr><tr><td>≥ 2</td><td>-0,5</td><td>-0,6</td><td>-0,6</td></tr></table>	$\frac{b}{l}$	Значения c_{e3} при $\frac{h_1}{l}$, равном			$\leq 0,5$	1	≥ 2	≤ 1	-0,4	-0,5	-0,6	≥ 2	-0,5	-0,6	-0,6																									
$\frac{b}{l}$		Значения c_{e3} при $\frac{h_1}{l}$, равном																																						
	$\leq 0,5$	1	≥ 2																																					
≤ 1	-0,4	-0,5	-0,6																																					
≥ 2	-0,5	-0,6	-0,6																																					
	Здания с продольным фонарем 	Значение c_{e3} принимается по схеме 2 Коэффициенты c_{e1}, c_{e2} и c_{e3} следует определять в соответствии с указаниями к схеме 2	1. При расчете поперечных рам зданий с фонарем и ветробойными щитами значение суммарного коэффициента лобового сопротивления системы «фонарь-щиты» принимается равным 1,4. 2. При определении коэффициента v в соответствии с п. 6.9 $h = h_1$																																					

Таблица 1 – Коэффициенты c (c_x), c_y , n для расчета на прочность элементов стальных конструкций с учетом развития пластических деформаций

Схема сечения	A/A_w	Значения коэффициентов		
		$c(c_x)$	c_y	n при $M_y=0^*$
	0,25 0,5 1 2	1,19 1,12 1,07 1,04	1,47	1,5
	—	1,6	1,47	а) 3 б) 1
	0,25 0,5 1,0 2,0	1,19 1,12 1,07 1,04	1,07 1,12 1,19 1,26	1,5
	0,5 1 2	1,6	1,07 1,12 1,19	а) 3 б) 1

* При $M_y \neq 0$ $n=1,5$.

Примечание. При определении коэффициентов для промежуточных значений A/A_w допускается линейная интерполяция.

Таблица 1 – Нормы расстановки болтов в болтовых соединениях

Характеристика расстояния	Расстояния при размещении болтов
1. Расстояния между центрами болтов в любом направлении: а) минимальное; б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии; в) максимальное в средних рядах, а также в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков: при растяжении; при сжатии.	$2,5 d$ $8 d$ или $12 t$ $16 d$ или $24 t$ $12 d$ или $18 t$
2. Расстояния от центра болта до края элемента: а) минимальное вдоль усилия; б) то же, поперек усилия: при обрезных кромках; при прокатных кромках; в) максимальное; г) минимальное для высокопрочных болтов при любой кромке и любом направлении усилия.	$2,0 d$ $1,5 d$ $1,2 d$ $4 d$ или $8 t$ $1,3 d$

Примечание. В соединениях элементов из стали с пределом текучести свыше 38 кН/см^2 минимальное расстояние между болтами следует принимать равным $3d$, d – диаметр отверстия для болта; t – толщина наиболее тонкого наружного элемента.

Таблица 1 – Значения минимальных катетов угловых швов

Вид соединения	Вид сварки	Предел текучести МПа (кгс/см ²)	Минимальные катеты швов k_f (мм), при толщине более толстого из свариваемых элементов t , мм						
			4-5	6-10	11-16	17-22	23-32	33-40	41-80
Тавровое с двусторонними угловыми швами; нахлесточное и угловое	Ручная	До 430 (4400)	4	5	6	7	8	9	10
		Св. 430 (4400) до 530 (5400)	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и полуавтоматическая	До 430 (4400)	3	4	5	6	7	8	9
		Св. 430 до 530 (5400)	4	5	6	7	8	9	10
Тавровое с односторонними угловыми швами	Ручная	До 380 (3900)	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматич. и полуавтомат.		4	5	6	7	8	9	10

Таблица 2 – Расчётные сопротивления срезу и растяжению болтов

Напряжённое состояние	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см ²), болтов классов					
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8
Срез	R_{bs}	150 (1500)	160 (1600)	190 (1900)	200 (2000)	230 (2300)	320 (3200)
Растяжение	R_{bt}	170 (1700)	160 (1600)	210 (2100)	200 (2000)	250 (2500)	400 (4000)

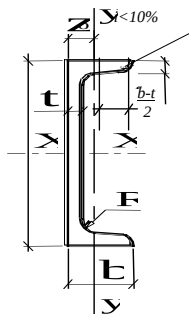


Таблица 1 – Швеллеры с уклоном внутренних граней полков по ГОСТ 8240 – 93*

№ швеллера	Линейная плотность, кг/м	h	b	t	t_f	R	Площадь сечения, см ²	Ось $x - x$				Ось $y - y$			Z_0 , см
		мм						I_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	I_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11,0	1,7	1,67
16	14,2	160	64	5,0	8,4	8,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
20	18,4	200	76	5,2	9,0	9,5	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07
22	21	220	82	5,4	9,5	10	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24	24	240	90	5,6	10,0	10,5	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42
27	27,7	270	95	6	10,5	11	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	12	40,5	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	11,7	13	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Таблица 1 – Коэффициенты глубины проплавления швов

Вид сварки при диаметре сварочной проволоки d , мм	Положение шва	Коэф-эф-фици-ент	Значения коэффициентов β_f и β_z при катетах швов, мм			
			3 – 8	9 – 12	14 – 16	18 и более
Автоматическая при $d = 3 – 5$	В лодочку	β_f	1,1			0,7
		β_z	1,15			1,0
	Нижнее	β_f	1,1	0,9		0,7
		β_z	1,15	1,05		1,0
Автоматическая и полуавтоматическая при $d = 1,4 – 2$	В лодочку	β_f	0,9		0,8	0,7
		β_z	1,05		1,0	
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	β_f	0,9	0,8	0,7	
		β_z	1,05	1,0		
Ручная; полуавтоматическая проволокой сплошного сечения при $d < 1,4$ или порошковой проволокой	В лодочку, нижнее, горизонтальное, вертикальное, потолочное	β_f	0,7			
		β_z	1,0			

Примечание. Значения коэффициентов соответствуют нормальным режимам сварки.

Таблица 1 – Нормативные и расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами

Сварочные материалы		R_{wun} , МПа (кгс/см ²)	R_{wf} , МПа (кгс/см ²)
Тип электрода (по ГОСТ 9467-75)	Марка проволоки		
Э42, Э42А	Св-08, Св-08А	410 (4200)	180 (1850)
Э46, Э46А	Св-08ГА	450 (4600)	200 (2050)
Э50, Э50А	Св-10ГА, Св-08Г2С, Св-08Г2СЦ, ПП-АН8, ПП-АНЗ	490 (5000)	215 (2200)
Э60	Св-08Г2С*, Св-08Г2СЦ*, Св-10НМА, Св-10Г2	590 (600)	240 (2450)
Э70	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2ГМЮ	685 (7000)	280 (2850)
Э85	-	835 (8500)	340 (3450)

Примечание. Только для швов с катетом $k_f \leq 8$ мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа (4500 кгс/см²) и более.

Таблица 1 – Сварные трубы из двух равнополочных уголков по ГОСТ 8507—72* (выборка)

Уголок	h , см	A , см ²	I , см ⁴	i , см	Масса 1 пог. м, кг
1	2	3	4	5	6
50×5	5,4	9,6	38,2	1,99	7,54
56×5	5,99	10,82	53,8	2,23	8,5
63×5	6,67	12,26	77,1	2,51	9,60
70×5	7,35	13,72	107,0	2,79	10,76
70×6	7,45	16,3	127,0	2,79	12,78
70×7	7,55	18,14	146,0	2,78	14,48
75×5	7,83	14,78	131,0	2,98	11,6
75×6	7,93	17,56	156,0	2,98	13,78
80×6	8,43	18,76	190,0	3,19	14,72
80×7	8,53	21,6	220,0	3,19	17,02
90×6	9,41	21,2	273,0	3,59	16,66
90×7	9,51	24,6	317,0	3,59	19,28
100×7	10,5	27,6	439,0	3,98	21,6
100×8	10,6	31,2	496,0	3,98	24,4
100×10	10,8	38,4	611,0	3,98	30,2
110×7	11,5	30,4	602,0	4,39	23,8
110×8	11,6	34,4	660,0	4,38	27,0
125×8	13,1	39,4	968,0	5,00	31,0
125×9	13,2	44,0	1100,0	5,00	34,6
125×10	13,3	48,6	1210,0	5,00	38,2
140×9	14,7	49,4	1550,0	5,61	38,8
140×10	14,8	54,6	1720,0	5,62	43,0
140×12	15,0	65,0	2040,0	5,60	51,0
160×10	16,7	62,8	2570	6,40	49,4
160×11	16,8	68,8	2810	6,39	54,0
160×12	16,9	74,8	3050	6,39	58,8
160×16	17,3	98,2	3990	6,37	77,0
180×11	18,8	77,6	4030	7,21	61,0
180×12	18,9	84,4	4380	7,20	66,2
200×12	20,9	94,2	6130	8,06	74,0
200×14	21,1	109,2	7000	8,00	85,6
200×16	21,3	124,0	7900	8,00	97,4
200×20	21,7	153,0	9800	8,00	120,0
200×25	22,2	188,6	12000	8,00	148,0
200×30	22,7	223,0	14500	8,06	175,2
220×14	23,0	120,8	9369,0	8,81	94,8
220×16	23,2	137,2	10014,2	8,80	107,6
250×16	26, t	156,8	15688,4	10,00	123,1
250×18	26,3	175,4	17534,7	10,00	137,7
250×20	26,5	194,0	19363,5	9,99	152,2
250×22	26,7	212,2	21138,7	9,98	176,6
250×25	27,0	239,4	23835,2	9,98	187,9
250×30	27,5	284,0	28189,9	9,96	222,9

Таблица 1 – Сварные трубы из прокатных швеллеров по ГОСТ 8240 – 72* (выборка)

Номер профиля	A , см ²	I_x , см ⁴	I_y , см ⁴	i , см	i_y , см	Масса 1 пог. м, кг
Швеллеры с уклоном внутренних граней полок						
8	17,96	178,8	155,6	3,16	2,94	14,10
10	21,8	348	258,5	3,99	3,44	17,18
12	26,6	608	418,7	4,78	3,97	20,8
14	31,2	982	623,0	5,60	4,47	24,6
16	36,2	1494	892,6	6,42	4,97	28,4
18	41,4	2180	1 232	7,24	5,46	32,6
20	46,8	3040	1 657	8,07	5,95	36,8
22	53,4	4220	2 218	8,89	6,45	42,0
24	61,2	5800	3066	9,73	7,08	48,0
27	70,4	8320	4003	10,9	7,54	55,4
30	81,0	11620	5 186	12,0	8,00	63,6
40	123,0	30440	10781	15,7	9,36	96,6
Швеллеры с параллельными гранями полок						
8	17,96	179,6	151,1	3,16	2,90	14,1
10	21,8	350	250,7	3,99	3,39	17,18
12	26,6	610	403,1	4,79	3,89	20,8
14	31,2	986	597,2	5,61	4,38	24,6
16	36,2	1500	856	6,44	4,86	28,4
18	41,4	2180	1178	7,26	5,33	32,6
20	46,8	3060	1583	8,08	5,82	36,8
22	53,4	4240	2109	8,9	6,28	42,0
24	61,2	5820	2910	9,75	6,90	48,0

Таблица 11 – Нормативные и расчётные сопротивления стали по ГОСТ 27772 – 88 (кН/см²)

Сталь	Вид проката	Толщина, мм	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_p	R_s	R_u
С235	Лист, фасон.	до 20	23,5	36	23	32,7	13,3	35
	Лист, фасон.	21 – 40	22,5	36	22	32,7	12,7	35
	Лист.	41 – 100	21,5	36	21	32,7	12	35
С245	Лист, фасон.	2 – 20	24,5	37	24	33,6	13,9	36
	Фасон.	21 – 30	23,5	37	23	33,6	13,3	36
С255	Лист.	4 – 10	24,5	38	24	34,6	13,9	37
	Фасон.	4 – 10	25,5	38	25	34,6	14,4	37
	Лист, фасон	11 – 20	24,5	37	24	33,6	13,9	36
	Лист, фасон.	21 – 40	23,5	37	23	33,6	13,3	36
С275	Лист.	2 – 10	27,5	38	27	34,6	15,5	37
	Фасон.	2 – 10	27,5	39	27	35,5	15,5	38
	Лист. *	11 – 20	26,5	37	26	33,6	15	36
	Фасон.	11 – 20	27,5	38	27	34,6	15,5	37
С285	Лист.	4 – 10	27,5	39	27	35,5	15,5	38
	Лист.	11 – 20	26,5	38	26	34,6	15	37
	Фасон. *	4 – 10	28,5	40	28	36,4	16	39
	Фасон.	11 – 20	27,5	39	27	35,5	15,5	38
С345	Лист, фасон.	2 – 10	34,5	49	33,5	44,5	19,5	48
		11 – 20	32,5	47	31,5	42,7	18,4	46
		21 – 40	30,5	46	30	41,8	17,3	45
С375	Лист, фасон.	2 – 10	37,5	51	36,5	46,4	21	50
		11–20	35,5	49	34,5	44,5	20	48
		21–40	33,5	48	32,5	43,6	19	47
С390	Лист	4–50	39	54	38	48,2	22	53
С440	Лист	4–30	44	59	43	52,2	25	57,5
		31–50	41	57	40	50,4	23	55,5

* – данные стали рекомендуется принимать для главных балок, если толщина полок последних не превышает 20 мм.

Таблица 1 – Сортамент горячекатаного широкополосного универсального проката по ГОСТ 82 – 70* (размеры в мм)

Толщина полос	Ширина полос	Длина полос
6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60	200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 460, 480, 500, 520, 530, 560, 600, 630, 650, 670, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050	5000 – 18000

Любой толщине полос соответствует любая их ширина.

Примечание: по требованию потребителя допускается изготовление широкополосного проката шириной 160, 170, 180, 190, 350, 440, 550, 580, и 710 мм.

Таблица 1 – Сортамент (сокращенный) горячекатаного листового проката по ГОСТ 19903 – 74*

Толщина листов*: от 0,4 мм до 1 мм кратно 0,1 мм;
от 1 мм до 26 мм кратно 0,5 мм; от 26 мм до 32 мм кратно 1 мм;
от 32 мм до 42 мм кратно 2 мм; от 42 мм до 92 мм листы имеют следующие толщины, мм: 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; от 95 до 160 мм кратно 5 мм.

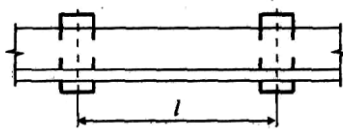
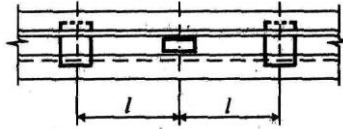
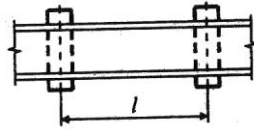
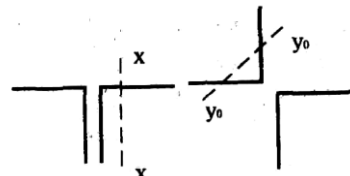
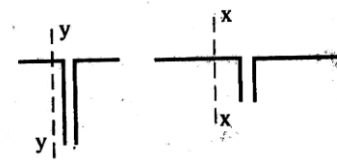
Ширина листов**, мм: 500; 510; 600; 650; 670; 700; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1100; 1250; 1400; 1420;
от 1500 до 3800 кратно 100 мм. Длина листов от 2 до 12 м.

Примечания:

* – рекомендуется толщины от 4 до 12 мм принимать кратными 1 мм, от 12 до 60 мм по сортаменту универсального проката (ГОСТ 82-70*);

** – ширину листов до 1050 мм рекомендуется принимать по сортаменту универсального проката (ГОСТ 82 – 70*).

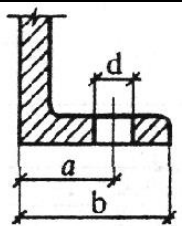
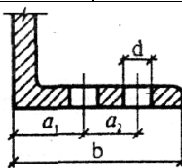
Таблица 1 – Расстояния между прокладками элементов составных сечений

														
Уголки равнополочные (ГОСТ 8509 – 93)					Уголки неравнополочные (ГОСТ 8510 – 86*)					Швеллеры (ГОСТ 8240 – 89)				
Ширина полки, мм					Ширина полки, мм					№ профиля	с уклоном внутренних граней полки	с параллельными гранями полки		
	l, мм					l, мм								
	сжатие 40 r _x	растяжение 80 r _x	сжатие 40 r _{y0}	растяжение 80 r _{y0}		сжатие 40 r _y	растяжение 80 r _y	сжатие 40 r _x	растяжение 80 r _x		сжатие 40 r _x	растяжение 80 r _x		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	230	460	150	300	25×16	175	350	310	620	5	380	760	395	790
25	295	590	190	380	32×20	215	430	400	800	6,5	435	870	450	900
28	340	680	220	440	40×25	275	550	500	1000	8	475	950	495	990

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
32	380	760	245	490	45×28	310	620	565	1130	10	550	1100	575	1150
36	435	870	280	560	50×32	360	720	635	1270	12	615	1230	650	1300
40	485	970	310	620	56×36	405	810	705	1410	14	680	1360	725	1450
45	545	1090	350	700	63×40	435	870	785	1570	14a	735	1470	785	1570
50	610	1220	390	780	70×45	505	1010	890	1780	16	750	1500	800	1600
56	685	1370	440	880	75×50	560	1120	940	1880	16a	805	1610	860	1720
63	770	1540	495	990	80×50	560	1120	1020	2040	18	815	1630	880	1760
70	850	1700	545	1090	90×56	625	1250	1140	2280	18a	870	1740	940	1880
75	905	1810	595	1190	100×63	700	1400	1260	2520	20	880	1760	955	1910
80	975	1950	625	1250	110×70	790	1580	1400	2800	20a	940	1880	1015	2030
90	1100	2200	705	1410	125×80	895	1790	1580	3160	22	950	1900	1030	2060
100	1190	2380	775	1550	140×90	1025	2050	1790	3580	22a	1020	2040	1110	2220
110	1355	2710	870	1740	160×100	1120	2240	2030	4060	24	1040	2080	1140	2280
125	1510	3020	975	1950	180×110	1240	2480	2300	4600	24a	1110	2220	1210	2420
140	1720	3440	1100	2200	200×125	1410	2820	2550	5100	27	1090	2180	1195	2390
160	1940	3880	1245	2490	250×160	1810	3620	3180	6360	30	1135	2270	1250	2500
180	2235	4470	1430	2860	—	—	—	—	—	33	1190	2380	1300	2600
200	2400	4800	1555	3110	—	—	—	—	—	36	1240	2480	1350	2700
220	2720	5440	1745	3490	—	—	—	—	—	40	1290	2580	1405	2810
250	3035	6070	1955	3910	—	—	—	—	—					

Таблица 1 – Уголки стальные горячекатаные равнополочные по ГОСТ 8509-93 и уголки стальные горячекатаные неравнополочные по ГОСТ 8510 – 86*. Размещение отверстий.

					
Однорядное расположение					
b, мм	a, мм	d, мм не более			
		для болтов по ГОСТ			
		7798-70*		22353-77	
50	30	15	-		
56					
63	35	19	-		
70	40				
75	45	23	-		
80					
90	50	28	28		
100*	60				
110					
125					75
					
двухрядное расположение					
b, мм	Порядок расположения отверстий	Риски		d, мм не более	
		a ₁ , мм	a ₂ , мм	для болтов по ГОСТ	
				7798-70*	22353-77
125*	Шахматный	55	35	23	-
140	Рядовой		55	19	-
	Шахматный	60	45	28	-
160*	Рядовой	65	65	23	-
	Шахматный		60	28	-
180	Рядовой		75		28
	Шахматный		70		
200**	Рядовой, шахматный	80	80		
220			90		
250**		90	100		

Примечание. В стыках профилей полки b, отмеченной звездочкой, при толщинах полок, начиная с 14 мм, и отмеченных двумя звездочками, начиная с 25 мм, размеры a, a₁, a₂, d определяются индивидуально

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсовой работы по дисциплине

«Специальные металлические конструкции»

для магистрантов с направлением подготовки 08.04.01 Строительство
Профиль подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений»

Содержание

Введение.....	3
1. Цель, задачи и реализуемые компетенции.....	4
2. Формулировка задания.....	5
3 Структура проекта (работы).....	5
4. Общие требования к написанию и оформлению проекта.(работы).....	7
5. Последовательность выполнения проекта.(работы).....	7
6. Критерии оценивания проекта (работы).....	22
7. Порядок защиты проекта (работы).....	23
8. Список рекомендуемой литературы.....	24

Введение

Методические указания предназначены для выполнения студентами магистрантами направления 08.04.01 Строительство курсового проекта по дисциплине «Специальные металлические конструкции». Выполнение предлагаемого курсового проекта является опытом практического приложения теоретических знаний к решению инженерных задач по расчету и проектированию стропильных ферм покрытия на особое сочетание нагрузок с учетом вертикальной сейсмической нагрузки.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего образования и программы дисциплины «Специальные металлические конструкции» и предназначены для студентов магистрантов очной и заочной форм обучения.

1 Цель, задачи и реализуемые компетенции

Целью выполнения курсового проекта является усвоение студентами ключевых основных положений расчета и конструирования стропильных ферм с учетом вертикальной сейсмической нагрузки на основе требований нормативных документов.

Задачи – решение и конструирование предлагаемой стропильной фермы покрытия и ее узлов на основное и особое сочетание нагрузок

Реализуемые компетенции:

– владеть способностью выполнять расчетный анализ и оценка технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности (ПК-6).

2 Формулировка задания и его объем

Курсовой проект выполняется на основании выдаваемого каждому студенту-магистранту индивидуального задания.

Тема курсового проекта: «Проектирование стальной стропильной фермы покрытия на особое сочетание нагрузок с учетом вертикальной сейсмической нагрузки».

В задании содержатся следующие исходные данные:

- пролет стропильной фермы;
- конструкция кровли:
- а) с прогонами и стальным профилированным настилом,
- б) беспрогонная из крупноразмерных железобетонных плит;
- шаг ферм в продольном направлении здания, $B =$ м;
- место строительства – г.;
- материал стропильной фермы – *сталь по ГОСТ 27772*;
- здание отапливаемое, неотапливаемое;
- уровень ответственности – нормальный, повышенный;
- категория грунта по сейсмическим свойствам – II.

3 Структура проекта

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект (оно должно быть подписано студентом-магистрантом, утверждено руководителем проекта и заведующим кафедрой, выдавшей задание);
- содержание;
- введение;
- компоновку конструктивного решения фермы;
- сбор статических нагрузок на ферму;
- статический расчет фермы, таблицу расчетных усилий от статических нагрузок – основное сочетание;
- подбор и проверку сечений элементов фермы от расчетных усилий на ос-

новное сочетание;

- определение вертикальных расчетных нагрузок на верхние узлы фермы, учитываемых при расчете на особое сочетание нагрузок;
- определение перемещений фермы в середине пролета от вертикальных расчетных нагрузок на верхние узлы фермы;
- определение периода первого тона собственных колебаний фермы;
- определение расчетной нагрузки на ферму при особом сочетании нагрузок с учетом вертикального сейсмического воздействия;
- определение расчетных усилий в элементах фермы при особом сочетании нагрузок с приведением таблицы этих расчетных усилий;
- проверку подобранных сечений элементов фермы на особое сочетание, если усилия от особого сочетания оказались больше чем от основного, а также в тех случаях, когда конструкция фермы эксплуатируется в неотапливаемом помещении при расчетной температуре ниже минус 45°C;
- расчет и конструирование узлов стропильной фермы на наибольшие расчетные усилия, которые получились при основном или особом сочетаниях;
- заключение;
- список использованных источников.

Графический материал курсового проекта состоит из одного листа ватмана формата А1 (594x841). Чертеж отправочного элемента фермы выполняется на стадии конструкции металлические детализовочные (КМД).

На листе в стадии КМД должны быть представлены: геометрическая схема фермы, схема отправочных марок фермы. Рекомендуемые масштабы для изображения этих схем – М 1:100, 1:200. Фасадный вид отправочной марки фермы; виды на верхний и нижний пояса; виды на торцы отправочной марки фермы. Рекомендуемые масштабы для изображения осей элементов фермы на этих видах – М 1:40, 1:50. **Сечения элементов фермы на этих осях прорисовывать в масштабах в два раза больших, чем масштабы изображения осей элементов фермы (М 1:40, 1:50), то есть соответственно в масштабах – М 1:20, 1:25. Эти требования установлены для вычерчивания металлических конструкций на стадии КМД (конструкции металлические детализовочные) и не должны быть нарушены,**

так как их нарушение приводит к тому, что такие чертежи становятся плохо читаемыми.

Укрупнительные узлы фермы в двух проекциях. Рекомендуемые масштабы для изображения этих узлов – М 1:10, 1:20. Спецификации: на отправочный элемент фермы, ведомость отправочных элементов фермы, технические условия (ТУ), условные обозначения.

4 Общие требования к написанию и оформлению проекта

Пояснительная записка КП должна содержать:

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- основную часть в соответствии с утвержденным заданием;
- список использованных источников.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.316, ГОСТ 2.105, ГОСТ 21.508, а при оформлении с применением печатающих и графических устройств ЭВМ по ГОСТ 2.004.

5 Последовательность выполнения задания

Перед началом выполнения расчетов в КП на заданную тему рекомендуется внимательно ознакомиться со следующими рекомендациями.

До выполнения расчета фермы на особое сочетание нагрузок (вертикальную сейсмическую нагрузку) необходимо (при выполнении нижеперечисленных пунктов рекомендуется пользоваться МУ по выполнению практических работ по дисциплине *Специальные металлические конструкции*):

1. выполнить компоновку фермы;
2. найти расчетный пролет и расчетную высоту фермы;
3. выбрать расчетную схему фермы;
4. собрать нагрузки на ферму (расчетные – постоянную, снеговую) – эти нагрузки рекомендуется собрать на 1 м² площади покрытия (в постоянную: весь состав кровли, собственный вес фермы и вес связей; нормативные, расчетные

значения нагрузок на 1м^2 , а также коэффициенты надежности по нагрузкам можно принять по таблице 11.3 [1]. Затем найти узловые нагрузки: *отдельно от постоянной, отдельно от снеговой нагрузки*. Эти узловые нагрузки необходимо приложить в верхние узлы стропильной фермы (нагрузки прикладывают к верхним узлам фермы отдельно – постоянную, снеговую и, в дальнейшем, находят от них расчетные усилия);

5. до определения расчетных усилий *определяют опорные реакции* от каждого вида узловых нагрузок (постоянной, снеговой);

6. далее необходимо выбрать способ определения расчетных усилий в элементах фермы (*рекомендуется графический способ* – путем построения диаграммы Максвелла-Кремоны для определения расчетных усилий). Можно также выбрать любой аналитический способ определения расчетных усилий в элементах фермы, которым владеет студент.

При выборе графического способа определения усилий наиболее рационально считается вначале *определить усилия в элементах фермы от единичной узловой нагрузки* ($P_i = 1$ – *отвлеченной, а не от фактической*), которую прикладывают к верхним узлам фермы **только на половине пролета фермы**. При этом необходимо помнить, что в середине пролета фермы (в коньке), при одностороннем приложении нагрузки, величина единичной нагрузки будет составлять $P_i = \frac{1}{2}$ от ее значения равной единице, т.к. на другой половине фермы нагрузка отсутствует. (Реально такое одностороннее загрузке фермы, в период эксплуатации, может возникнуть только от снеговой нагрузки. *Одностороннее приложение снеговой нагрузки на ферме может вызвать неблагоприятные условия работы раскосов фермы близко расположенных к середине ее пролета*. В симметричных раскосах, близко расположенных к середине пролета фермы односторонняя нагрузка вызывает в них разную величину усилий, и возможно изменение знака усилия в одном из них. Что опасно для работы таких раскосов).

Ниже приводятся указания, как можно определить усилия от единичной односторонней нагрузки на ферму, а затем от них перейти к усилиям от фактических узловых нагрузок (постоянной, снеговой).

Вначале от одностороннего приложения единичной нагрузки находят опор-

ные реакции. Затем построят диаграмму усилий для всей фермы. Записывают эти усилия в виде таблицы для всех элементов одной половины фермы. Ферма имеет симметричное расположение всех элементов. Для симметрично расположенных элементов фермы (поясов, решетки) в таблице в графах необходимо записать полученные в них усилия отдельно *слева* и *справа*, затем алгебраически просуммировать эти усилия и записать их следующей графе как полные.

Чтобы получить усилия *от фактической узловой нагрузки* (постоянной, снеговой) необходимо значения полных расчетных усилий от единичной нагрузки умножить на фактические узловые нагрузки (постоянную, снеговую) и записать их значения в отдельных графах. Окончательные расчетные усилия от постоянной нагрузки для всех элементов фермы подсчитывают **только** при загрузении всех верхних узлов фермы (полное загрузение – период эксплуатации здания).

Для средних раскосов, которые меняют знак и величину усилия подсчитывают не только усилия при полном загрузении фермы постоянной и снеговой нагрузок, но еще и отдельно усилия слева и справа от односторонней снеговой нагрузки в сочетании с усилием от полной постоянной нагрузки.

Для получения окончательных расчетных усилий в элементах фермы при основном сочетании необходимо:

1. полученные расчетные усилия в элементах фермы от полных загрузений постоянной и снеговой нагрузок просуммировать;

2. записать отдельной графой как, **полные расчетные усилия от нагрузок основного сочетания;**

3. расчетные усилия, полученные для основного сочетания оформить в виде таблицы.

7. Далее необходимо принять сталь для элементов фермы и фасонок в соответствии с нормами [2], затем подобрать и проверить сечения элементов фермы.

До подбора сечений необходимо выбрать и принять:

– тип сечений элементов фермы – *рекомендуется принять их из парных уголков, образующих тавровое сечение*. Для всех элементов фермы в КП можно принять равнополочные уголки. Сортамент рекомендуемых профилей можно найти в приложениях учебной, справочной литературы или в ГОСТах для приня-

тых профилей, а также в методических указаниях к практическим занятиям по данной дисциплине разработанными кафедрой;

– *толщину фасонки*. Ее толщину принимают в зависимости от **максимального усилия в стержнях решетки, (а не в поясах)**, кН. Рекомендуемые толщины фасонки приводятся в таблицах, размещенных в учебной и справочной литературе, а также в методических указаниях к практическим занятиям см. приложение 23. При значительной разнице усилий в стержнях решетки можно принять не более **двух** разных толщины фасонки в пределах отправочного элемента. Допустимая разница толщин фасонки, в смежных узлах, равна 2 мм (см. приложение 23).

– сталь для элементов фермы и фасонки по нормам [2]. За расчетную температуру в КП будем принимать среднюю температуру наиболее холодных суток района строительства с обеспеченностью 0,98 (см. задание и нормы проектирования [6]). Т.к. элементы фермы будут иметь сварные соединения и испытывать сейсмические нагрузки (которые относятся к динамическим воздействиям), то все элементы ферм в соответствии с [2] будем относить к 1-ой группе стальных конструкций, как и фасонки ферм. По нормам они также относятся к 1-ой группе стальных конструкций.

– для выбранных сталей по таблице В.5, В.3 [2] и таблицам 1, 3, 4, 5 [9] выписывают расчетные сопротивления проката R_y для фасонного (элементов фермы) и для фасонки (листового, широкополосного универсального), при толщине проката до 20 мм;

– по таблице 1 [2] принимают коэффициенты условий работы γ_c ;

– расчетные длины элементов фермы – в плоскости фермы $l_{ef,x} = l_x$, в направлении, перпендикулярном плоскости фермы (из плоскости фермы) $l_{ef,y} = l_y$, см. таблицу 24 [2] (методические указания [7] см. приложение 19, *старые нормы проектирования*).

– в КП *расчетные длины элементов верхнего и нижнего поясов фермы в плоскости фермы l_x* , принимают равными геометрической длине элемента, расстояние между центрами узлов l см. рис.13, а [2] (в методических указаниях [7] см. рис. 4.1, а, *старые нормы проектирования*). Для опорного раскоса $l_x = l/2$, если есть шпренгельный элемент и $l_x = l$, если его нет; здесь l – геометрическая дли-

на раскоса равная полному расстоянию между центрами узлов его крепления к поясам фермы, для всех остальных элементов решетки $l_x = 0,8 l$, здесь

l – геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов);

– *из плоскости фермы l_y* : в КП будем принимать для элементов верхнего пояса $l_y = l$; для элементов нижнего пояса $l_y = l_1$, здесь l_1 – расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы (специальными связями, можно принять, как для схем связей промышленных зданий [1]).

– предельные гибкости для растянутых элементов принять по таблице 32 [2] или методических указаний [7] см. приложение 10. Значения предельных гибкостей для элементов фермы предварительно принимаем, как при воздействии на конструкцию динамических нагрузок, приложенных непосредственно к конструкции (в КП учитываем это сразу, потому что к ферме будет приложена в дальнейших расчетах и вертикальная сейсмическая нагрузка, которая относится к динамической).

– предельные гибкости сжатых элементов подсчитываются по формулам приведенных в таблице 32 [2] или методических указаний [4] см. приложение 9, после подбора сечений этих элементов.

8. Подбор сжатых и растянутых элементов при действии только статических нагрузок (постоянной, снеговой) см. практические занятия 6 и 7, методических указаний к практическим занятиям [7]. При подборе и проверке сечений элементов фермы необходимо учитывать коэффициент надежности по ответственности γ_n . Его значение, для заданного уровня ответственности, можно найти в [8]. На этот коэффициент необходимо умножать расчетные усилия N , при подборе сечений элементов фермы.

9. Все подобранные сечения элементов фермы необходимо свести в одну таблицу. Форму и заполнение такой таблицы можно принять по образцам таблиц 9.1, 13.2 учебника [1].

10. После выполнения всех описанных расчетов на статическую нагрузку (суммарная постоянная и снеговая) **приступают к расчету фермы на вертикальную сейсмическую нагрузку** в следующей последовательности:

– определяют узловые расчетные нагрузки на верхний пояс фермы при рас-

чете на особое сочетание нагрузок – как сумму постоянной и снеговой нагрузок умноженные на свои соответствующие коэффициенты сочетаний нагрузок, таблица 5.1 [5] (постоянная нагрузка $\Psi = 0,9$ + снеговая нагрузка $\Psi = 0,5$, см) – см. ниже пример расчета;

– определяют перемещение фермы в середине пролета Δ_{ϕ} . Для определения Δ_{ϕ} необходимо:

1) приложить полученные узловые нагрузки к верхнему поясу стропильной фермы, определить от этой нагрузки опорные реакции и найти расчетные усилия любым известным способ определения расчетных усилий (в КП рекомендуется графический способ) – см. пример расчета;

2) приложить силу $Q = 1$ в середине пролета фермы, найти опорные реакции от этой силы и определить расчетные усилия любым известным способ определения расчетных усилий (в КП рекомендуется графический способ) – см. пример расчета;

3) составить таблицу вычисления перемещений по образцу, приведенному в примере расчета – см. таблицу 1. В таблице 1 в графе – Сечение – записываются сечения элементов фермы принятых при основном сочетании нагрузок, а также их геометрические длины в плоскости изгиба фермы и площади поперечных сечений (в графах соответственно: l , см., F , см² – см. пример расчета таблица 1).

– находят период первого тона собственных колебаний фермы – см. пример расчета;

– определяют расчетную нагрузку на ферму при особом сочетании нагрузок с учетом вертикального сейсмического воздействия в табличной форме – см. таблицу 2 примера расчета (эта нагрузка равна сумме вертикальной нагрузки и сейсмической нагрузке, складываются значения величин нагрузок второй и шестой граф в таблице 2);

– далее определяют расчетные усилия в элементах фермы при особом сочетании нагрузок. Для этого суммарные расчетные нагрузки таблицы 2 (значения величин нагрузки графы 7) необходимо приложить к верхнему поясу стропильной фермы. Определить от этой нагрузки опорные реакции и найти расчетные усилия любым известным способ определения расчетных усилий (в КП реко-

мендуется графический способ) – см. пример расчета;

10. Далее привести таблицу полученных расчетных усилий от основного и особого сочетаний в элементах фермы, сравнить полученные расчетные усилия с несущей способностью элементов фермы подобранных при основном сочетании. Сделать заключение о достаточной или недостаточной несущей способности подобранных сечений. При необходимости подобрать и проверить те сечения, несущая способность которых оказалась недостаточной с учетом коэффициента $m_{кр}$ для усилий, полученных при особом сочетании. Привести таблицу окончательно принятых сечений элементов фермы отвечающим основному и особому сочетаний.

11. Затем необходимо выполнить расчет сварных швов прикрепления раскосов и стоек к фасонкам и расчеты укрупнительных узлов фермы см. практические занятия 8 и 9 методических указаний к практическим занятиям [7] по данной дисциплине, а также в примерах учебника [1]. Расчет сварных швов прикрепления раскосов и стоек к фасонкам можно выполнить в табличной форме см. таблицу 13.3, учебника [1]. Для сварки узлов фермы можно применить полуавтоматическую проволоку Св-08Г2С, $d = 1,4...2$ мм, $\beta_f = 0,9$, $\beta_z = 1,05$. Значения R_{wf} , R_{wz} принять по нормам [2] или методических указаний. Значения катетов сварных швов принять в соответствии с рекомендациями учебника, см. пример расчета п. 4.7 [1] учебника.

Указания по расчету и конструированию узлов ферм из парных уголков см. главу 9, п. 9.6 [1], а также практические занятия 8, 9 [7], основные положения расчета опорного узла фермы см. пп. 13.2.3 [1] указанного учебника.

Пример расчета фермы на вертикальную сейсмическую нагрузку смотри ниже

Пример. Расчет стропильной фермы по- крытия на особое сочетание нагруз- зок с учетом вертикальной сейсмической нагрузки

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Рассчитать стропильную ферму покрытия пролетом 24 м одноэтажного производственного здания с расчетной сейсмичностью 7 баллов, на особое сочетание нагрузок с учетом вертикальной сейсмической нагрузки.

В данном примере не рассматривается сбор вертикальных нагрузок от собственного веса конструкций, покрытия и снега, при расчете фермы на основное сочетание. Здесь приводятся их расчетные значения при расчете на особое сочетание.

Р а с ч е т

1. Определяем, расчетные нагрузки на ферму для расчета ее на особое сочетание от вертикальной сейсмической нагрузки. Для этого необходимо значения постоянной расчетной нагрузки на основное сочетание на 1 м^2 , умножить на коэффициент сочетания $n_c = 0,9$, а значение полной расчетной снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия, умножить на коэффициент сочетания $n_c = 0,5$. Например:

постоянная расчетная нагрузка при расчете на особое сочетание – $g_p^s = g_p \cdot n_c = 1,95 \cdot 0,9 = 1,755 \text{ кН/м}^2$;

где g_p – расчетная постоянная нагрузка на 1 м^2 принимается из таблицы сбора нагрузок на м^2 фермы на основное сочетание;

расчетная сейсмическая снеговая нагрузка при расчете на особое сочетание – $g_s^s = S \cdot n_c = 0,8 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ кН/м}^2$,

где S – полное расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия. Определяется по формуле (10.1), п.10 [4] и умножением на коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,4$ при расчете на основное сочетание.

Полученные значения от постоянной и снеговой нагрузок складывают. Их суммарное значение на особое сочетание будет равно $g_i = g_p^s + g_s^s = 1,755 + 0,4 = 2,155 \text{ кН/м}^2$.

Эти нагрузки необходимо привести к узловым по формуле (1).

В рассматриваемом примере значения этих нагрузок представлены на рис.1, б. В этом примере постоянная нагрузка в верхних узлах фермы была получена разной величины. В ней учитывались дополнительные нагрузки в узлы фермы от промпроводки и веса фонаря. Поэтому узловые нагрузки на ферму в рассматриваемом примере разной величины.

В КП значения узловых нагрузок от массы постоянной и снеговой нагрузок найденные по формуле (1) будут одинаковой величины $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$, (при отсутствии нагрузок от веса П-образного фонаря и промпроводки).

2. Значения вертикальных (сейсмических) расчетных узловых нагрузок на верхние узлы фермы, учитываемых при расчете на особое сочетание нагрузок находят по формуле (1):

$$Q_i = g_i \cdot B \cdot d, \quad (1)$$

где B – шаг стропильных ферм, d – ширина панели верхнего пояса фермы (расстояние между узлами решетки в верхнем поясе фермы)

Для рассматриваемого примера эти узловые нагрузки равны:

$$Q_1 = 78 \text{ кН} = 7,8 \text{ тс};$$

$$Q_2 = 108 \text{ кН} = 10,8 \text{ тс};$$

$$Q_3 = 104 \text{ кН} = 10,4 \text{ тс};$$

$$Q_4 = 27 \text{ кН} = 2,7 \text{ тс}.$$

Приложение этих нагрузок к верхнему поясу фермы и полученные от них усилия см. на рис. 1, б. Усилия определяются аналогично, как и при статической нагрузке на основное сочетание.

3. Определяют перемещение фермы в середине пролета Δ_ϕ от нагрузок Q_i .

Значения усилий в элементах фермы от единичной нагрузки $P_4 = 1$, приложенной в середине пролета фермы, приведены на схеме рис. 1, в.

Вычисление перемещения Δ_ϕ приведено в табл. 1.

В таблице 1 в графе – Сечение – приводятся сечения элементов подобранные в основном сочетании (статическая нагрузка). Значения усилий N_p , для рас-

Таблица 1

Элемент Фермы	Стержень	Сечение	N_p , кН	$\tilde{N}$	l , см	A , см ²	$\frac{N_p \tilde{N} l}{EA}$, см
Верхний пояс	0—1	2L125×10	0,00	0,00	280	48,6	0,000
	1—3	2L125×10	501,4	0,95	600	48,6	0,294
	3—4	2L125×10	628,7	1,93	300	48,6	0,357
Нижний пояс				Итого			0,651
	5—6	2L110×7	291,7	0,46	580	30,4	0,122
	6—7	2L110×7	616,5	1,44	600	30,4	0,834
Раскосы				Итого			0,956
	5—1	2L125×8	411,7	0,68	416	39,4	0,141
	1—6	2L100×6,5	316,8	0,70	430	25,6	0,177
	6—3	2L125×8	164,5	0,70	430	39,4	0,060
	3—7	2L90×6	18,9	0,70	430	21,2	0,013
Стойки				Итого			0,391
	6—2	2L90×6	108,0	0,00	309	21,2	0,000
	7—4	2L90×6	27,0	1,00	309	21,2	0,019
			Итого		—	—	0,019

$$\Delta_{\phi} = (0,651 + 0,956 + 0,391) 2 + 0,019 = 4,015 \text{ см.}$$

считываемо примера, см. рис.1, б. Значения усилий $\tilde{N}$ см. рис. 1, в. Значения l – это геометрические длины элементов. Значения A – это площади сечения подобранных элементов, которые указаны в графе Сечение.

Усилия N_p (четвертая графа в таблице 1) это усилия полученные от вертикальных расчетных нагрузок Q_i на ферму. Это и будут усилия N_p . Занести их в таблицу 1.

Для получения усилий $\tilde{N}$ необходимо приложить узловую нагрузку $Q = 1$ к верхнему поясу фермы в середине ее пролета. Найти от этой нагрузки опорные реакции. Определить расчетные усилия в элементах фермы любым из известных способов. При определении усилий графическим способом диаграмму усилий надо построить заново от этой нагрузки. Полученные усилия занести в таблицу 1

(графа 5).

Значения перемещений для каждого элемента фермы определяют по формуле (в таблице 1 графа 8)

$(N_p \cdot \tilde{N}) / (E \cdot A)$, где E – модуль упругости для стали. Значение E равно $E = 2,06 \cdot 10^4$ кН/см².

Суммарные перемещения во всей ферме $\Delta_{\text{ф}}$ определяют путем суммирования перемещений от отдельных элементов: верхнего, нижнего поясов и решетки фермы. Т.к. в таблице приведены перемещения только левой ее части, то суммарные перемещения левой части в приведенной формуле удваиваются. А перемещения в стойке в середине пролета фермы остаются такими же, как и были найденными, если стойка располагается в середине пролета фермы (такое решение будет для ферм пролетом 24 м и 36 м).

4. Определяют период первого тона собственных колебаний фермы по формуле (2):

$$T = 0,177 \cdot \sqrt{\Delta_{\text{ф}}} = 0,177 \cdot \sqrt{4,015} = 0,35 \text{ с.} \quad (2)$$

Так как, $T < 0,4$ с, то при расчете фермы учитываем только первую форму колебаний (в курсовом проекте будем учитывать только первую форму собственных колебаний фермы даже при $T \geq 0,4$).

5. Находят значение коэффициента динамичности β . Для грунтов I и II категорий по сейсмическим свойствам значение коэффициента динамичности β по формулам:

$$\text{при } T_i \leq 0,1 \text{ с} \quad \beta_i = 1 + 15 T_i;$$

$$\text{при } 0,1 \text{ с} < T_i < 0,4 \text{ с} \quad \beta_i = 2,5;$$

при $T_i \geq 0,4$ с $\beta_i = 2,5 (0,4/T_i)^{0,5}$.

Так как, $T < 0,4$ с, то $\beta = 2,5$

Во всех случаях значения β_i должны приниматься не менее 0,8.

6. В курсовом проекте коэффициенты η_k будем определять по формуле (3).

$$\eta_k = (y_k) \sum_{j=1}^n Q_j(y_j) / (\sum_{j=1}^n Q_j y_j^2), \quad (3)$$

где y_k и y_j – смещение здания или сооружения при собственных колебаниях по i -тому тону в рассматриваемой точке k и во всех точках j где в соответствии с расчетной схемой его вес принят сосредоточенным (в курсовом проекте – это ординаты формы деформации оси фермы, см. формулу (4));

Q_j – вес здания или сооружения, отнесенный к точке j , определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкцию.

7. Вычисляют по формуле (4) ординаты формы деформации оси фермы:

$$y_k = (4f/L^2)(L - x_k) x_k, \quad (4)$$

где y_k – ордината параболической арки на расстоянии x_k от начала координат;

f – величина ординаты параболической арки в середине пролета;

L – пролет параболической арки, равный пролету фермы;

x_k – расстояние от начала координат до точки k , в которой определяется величина ординаты параболической арки.

$$y_1 = (4f/L^2) (L - x_k) x_k = (4 \cdot 1/23,6^2) (23,6 - 2,8) 2,8 = 0,418;$$

$$y_2 = (4 \cdot 1/23,6^2) (23,6 - 5,8) 5,8 = 0,741;$$

$$y_3 = (4 \cdot 1/23,6^2) (23,6 - 8,8) 8,8 = 0,935;$$

$$y_4 = (4 \cdot 1/23,6^2) (23,6 - 11,8) 11,8 = 1.$$

Тогда по формуле (3) имеем:

$$\sum_{i=1}^n Q_i y_i = 2 (78 \cdot 0,418 + 108 \cdot 0,741 + 104 \cdot 0,935) + 27 \cdot 1 = 446,6;$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i y_i^2 = 2 (78 \cdot 0,418^2 + 108 \cdot 0,741^2 + 104 \cdot 0,935^2) + 27 \cdot 1^2 = 354,6;$$

$$\eta_1 = y_1 (\sum_{i=1}^n Q_i y_i) / (\sum_{i=1}^n Q_i y_i^2) = 0,418(446,6/354,6) = 0,418 \cdot 1,259 = 0,526 *;$$

$$\eta_2 = y_2 (\sum_{i=1}^n Q_i y_i) / (\sum_{i=1}^n Q_i y_i^2) = 0,741 \cdot 1,259 = 0,933 *;$$

$$\eta_3 = y_3 (\sum_{i=1}^n Q_i y_i) / (\sum_{i=1}^n Q_i y_i^2) = 0,935 \cdot 1,259 = 1,177 *;$$

$$\eta_4 = y_4 (\sum_{i=1}^n Q_i y_i) / (\sum_{i=1}^n Q_i y_i^2) = 1 \cdot 1,259 = 1,259 *.$$

8. Определяют расчетные нагрузки на ферму при особом сочетании нагрузок с учетом вертикального сейсмического воздействия. Вычисления значений нагрузок приведены в табл. 2,

где S_k расчетная сейсмическая нагрузка в выбранном направлении, приложенная к точке k и соответствующая i –му тону собственных колебаний зданий или сооружений, определяют по формуле (5):

Таблица 2

Вертикальные нагрузки		Сейсмические нагрузки $S_k = K_0 K_1 Q_k A \beta_a K_w \eta_k$							Суммарная расчетная нагрузка, кН
обозначение	величина, кН	K_0	K_1	A	β_a	K_w	η_k	S_k	
Q_1	78,0	1	1	0,1	2,5	1	0,526	10,3	88,3
Q_2	108,0	1	1	0,1	2,5	1	0,933	25,2	133,2
Q_3	104,0	1	1	0,1	2,5	1	1,177	30,6	134,6
Q_4	27,0	1	1	0,1	2,5	1	1,259	8,5	35,5

$$S_k = K_0 K_1 Q_k A \beta_i K_w \eta_{ik} , \quad (5)$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий назначение сооружения и его ответственность, принимаемый по таблице 3 [5], в КП $K_0 = 1$;

K_1 – коэффициент, учитывающий допустимые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по таблице 4 [5], в КП $K_1 = 1$;

Q_k – вес здания или сооружения, отнесенный к точке k , определяемый с уче-

том расчетных нагрузок на конструкции; в КП это нагрузки, определяемые по формуле (1);

A – коэффициент, значения которого следует принимать равными 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов;

β_i – коэффициент динамичности, соответствующий i –му тону собственных колебаний зданий или сооружений, принимаемый согласно п. 5 данного примера;

K_w – коэффициент, принимаемый по таблице 5 [5], в КП $K_w = 1$;

η_{ik} – коэффициент, зависящий от формы деформации здания или сооружения по i –му тону и места расположения нагрузки; в КП определяют по формуле (3).

9. Определяют расчетные усилия в элементах фермы **при особом сочетании нагрузок.**

Суммарные расчетные нагрузки из таблицы 2 необходимо приложить в узлы верхнего пояса фермы, определить от них реакции опор, найти расчетные усилия любым из известных методов определения усилий в элементах фермы.

Расчетные усилия в элементах фермы, от суммарных расчетных нагрузок приведены на схеме рис. 1, 2. (нагрузки и усилия здесь приведены в старых единицах измерения в тс).

Далее. Полученные расчетные усилия от основного и особого сочетаний необходимо привести в табличной форме. Сравнить полученные расчетные усилия в элементах фермы при особом сочетании нагрузок (см. схему рис 1, 2) с усилиями от основного сочетания (статических нагрузок – постоянной и снеговой), и сделать заключение о том, в каких элементах фермы усилия изменились. Если эти усилия, при особом сочетании нагрузок, стали больше, то для этих элементов требуется выполнить проверку по новым усилиям. При этом проверку на усилие от особого сочетания нагрузок необходимо вести с учетом коэффициентов условий работы $m_{кр}$ по п. 5.15 и табл. 5.4 [5] или см. ниже таблицу

3 данных рекомендаций. *Если в ¹²⁹ранее подобранном элементе проверка не выполняется, то элемент подбирают заново.*

Этот коэффициент учитывают при проверке элементов фермы на устойчивость и прочность, сварных соединений на прочность. На этот коэффициент умножают расчетное сопротивление для стали R_y при соответствующих проверках. При выполнении этих проверок учитывают и коэффициенты условий работы γ_c , по таблице 1 [2].

Значения коэффициентов условий работы $m_{кр}$ приведены в табл. 3 (значения коэффициентов $m_{кр}$ приведены только для стальных конструкций).

Таблица 3 – Значения коэффициентов условий работы $m_{кр}$

Характеристика конструкций	Значения $m_{кр}$
При расчетах на прочность	
1. Стальные	1,3
2. Сварные соединения	1,0
3. Болтовые и заклепочные соединения	1,1
При расчетах на устойчивость	
4. Стальные элементы гибкостью свыше 100	1,0
5. Стальные элементы гибкостью до 20	1,2
6. Стальные элементы гибкостью от 20 до 100	От 1,2 до 1,0 по интерполяции
П р и м е ч а н и е. При расчете стальных конструкций, подлежащих эксплуатации в неотапливаемых помещениях или на открытом воздухе при расчетной температуре ниже минус 40°С, следует принимать $m_{кр} = 0,9$.	

Окончательно следует принимать те сечения элементов фермы, которые удовлетворяют требованиям общей устойчивости и прочности, как при основном, так и при особом сочетании нагрузок.

Далее необходимо рассчитать ¹³⁰ и законструировать: все промежуточные узлы для отправочного элемента стропильной фермы для окончательно принятых сечений элементов фермы и на худшие из усилий; два опорных и два укрупнительных узла (*возможно придется рассчитывать узлы дважды: на усилия от статической и сейсмической нагрузок, т.к. при разных воздействиях учитываются и разные значения коэффициентов условий работы*). Рисунки всех узлов с принятыми размерами привести в пояснительной записке проекта.

Расчеты сварных швов прикрепления раскосов и стоек к фасонкам в узлах, а также расчеты укрупнительных и опорных узлов фермы *должны удовлетворять требованиям прочности при основном и особом сочетаниях нагрузок*.

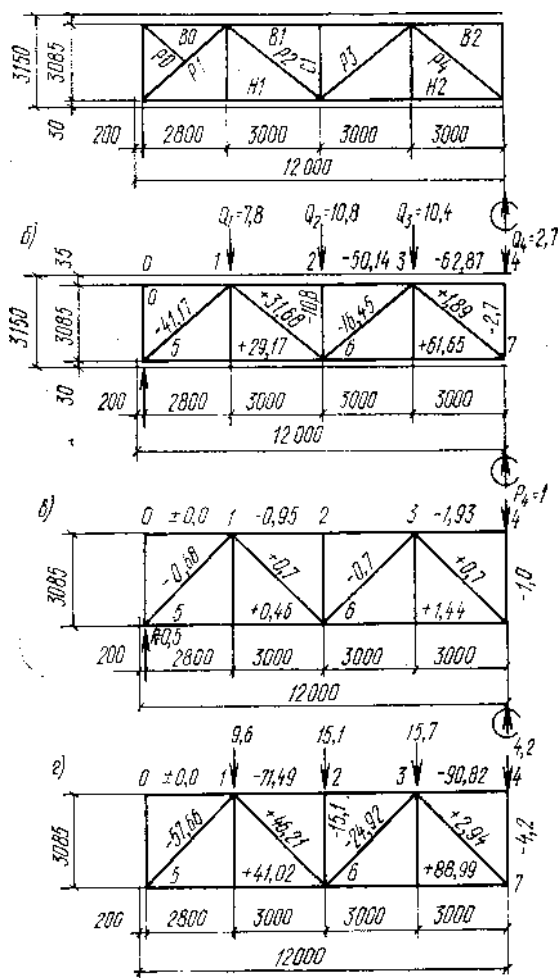


Рис. 1. Схемы к расчету стропильной фермы с учетом вертикальной сейсмической нагрузки

a — геометрическая схема фермы; b — усилия в элементах фермы от силы Q_k ; v — усилия в элементах фермы от $P_4=1$; z — усилия в элементах фермы от суммарной расчетной нагрузки.

131

(усилия на схемах — b , v и z — приведены в тоннах, в таблице 1 они переведены в кН)

6 Критерии оценивания проекта

Выполненный студентом-магистрантом курсовой проект принимается к защите, если он выполнена в полном объеме в соответствии с выданным заданием. Курсовой проект должен быть оформлен в соответствии с требованиями оформления по ГОСТ, не иметь ошибок в расчетах и конструировании элементов фермы и её узлов. Иметь графический материал в составе одного листа формата А1.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения задания;
- точность расчетов;
- необходимые пояснения к расчетам и необходимые рисунки, поясняющие принятые решения.
- правильность выполненного чертежа отправочного элемента фермы на формате листа А1 стадии КМД (конструкции металлические детализованные).

При защите КП, оцениваются:

- краткость и точность доклада о выполненной работе с демонстрацией принятых решений на чертеже;
- точность и полнота ответов на поставленные вопросы;

– умение хорошо ориентироваться по чертежу при ответах на заданные вопросы;

132

– плановность выполнения задания, в течение отведенного планом времени на отдельные части КП.

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент при ответе на вопросы как базового, так и повышенного уровня показывает глубокое и всестороннее знание предмета, обязательной и дополнительной литературы, аргументировано и логически стройно излагает материал, пользуясь терминами и определениями нормативной литературы СП, ГОСТ, может применять знания для анализа конкретных ситуаций.

Оценка **«хорошо»** ставится, если при ответе на вопросы базовой части студент показывает знание предмета, обязательной литературы, знакомстве с дополнительной литературой, аргументировано излагает материал, умеет применять знания для анализа конкретных ситуаций, однако незначительно нарушает последовательность изложения материала, дает недостаточно полное, хотя и верное определение понятий.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если студент при ответе на вопросы базовой части показал, что он в основном знает предмет, обязательную литературу, может практически применять свои знания, но программный материал излагает фрагментарно и непоследовательно. Допускает отдельные ошибки и погрешности при проектировании зданий и сооружений, слабо ориентируется в межпредметных связях.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если студент не отвечает на предлагаемые ему вопросы базовой части или его ответ показывает, что не усвоено основное содержание предмета, обнаруживается незнание большей части учебного материала, допускаются грубые ошибки при формулировке основных понятий

7 Порядок защиты работы

На защиту представляется выполненный по всем необходимым требо-

ваниям курсовой проект в составе ¹³³ пояснительной записки и одного листа графического материала в установленном объеме.

При защите студент-магистрант должен кратко изложить содержание расчетных положений и обосновать принятые решения. После краткого изложения студенту задаются вопросы по теме задания.

При положительных ответах, с учетом самостоятельности работы, правильности и обоснованности принятых решений и расчетов, оформления пояснительной записки студенту выставляется оценка по защите.

За выполнение КП и представление его к защите в установленные сроки студент несет ответственность самостоятельно.

8 Список рекомендуемой литературы

8.1 Список основной литературы

1. Металлические конструкции: учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования / [Ю. И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др.]; под ред. Ю. И. Кудишина. – 13-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 688 с. – Сер. Бакалавриат.

8.2 Список дополнительной литературы

2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*/ Минстрой России. – М.: 2017. – 147 с.

3. СП 294.1325800.2017 Конструкции стальные. Правила проектирования. / Минстрой России. – М. ФЦС, 2017. – 166 с.

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*/Минстрой России. – М: 2016. – 91 с.

5. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*/Минстрой России. – М.: 2018. – 117 с.

6 СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*/Минстрой России. – М.: 2020. – 126 с.

7. Гаврилова А.И. Методические указания по выполнению практиче-

ских работ по дисциплине «Специ-¹³⁴альные металлические конструкции», СКФУ, Ставрополь. –108 с.

8. ГОСТ 27751-2014 Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. /Стандартинформ. – М., 2015. – 16 с.

9. ГОСТ 27772-21 Межгосударственный стандарт. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. М.: Российский институт стандартизации. – 35 с.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОС-
СИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине**

«Специальные металлические конструкции»

по направлению 08.04.01 «Строительство»

направленность (профиль) «Теория и проектирование зданий и сооружений»

»

Содержание

Введение	
1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Специальные металлические конструкции».....	
2. План-график выполнения самостоятельной проекта.....	
3. Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	
4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	
5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.....	
6. Методические указания по подготовке к экзамену.....	
7. Методические указания по выполнению курсового проекта.....	

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы предназначены для студентов магистрантов направления подготовки 08.04.01 Строительство. Профиль подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений».

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования общих и профессиональных компетенций;
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной

работы студентов используются са-¹³⁸мостоятельное изучение и подготовка его к лекционным и практическим занятиям, выполнение курсового проекта, подготовка и сдача экзамена.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач; сформированность общеучебных умений;
- уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями
- уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Специальные металлические конструкции»

Целью освоения дисциплины «Специальные металлические конструкции» является:

обладанием знаниями методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчетного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализирован-

ных программно-вычислительных комплексов, и систем автоматизированных проектирования; способностью вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования.

Задачи дисциплины

- выработка понимания основ работы специальных металлических конструкций, зданий и сооружений.

- знать методы проектирования и мониторинга зданий и сооружений с применением специальных металлических конструкций, их конструктивных элементов, принципы рационального проектирования специальных металлических конструкций с учетом требований изготовления, монтажа, эксплуатационной надежности на основе технико-экономического анализа.

- сформировать способность вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, конструирования и расчета специальных металлических конструкций для решения конкретных инженерных задач с использованием норм проектирования, стандартов, справочников, средств автоматизированного проектирования.

Формируемые в результате подготовки компетенции это:

владеть способностью, выполнять расчетный анализ и оценка технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности.

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения, нед.
1	Самостоятельное изучение литературы по темам предусмотренным учебным планом	1-16
2	Подготовка к лекционным занятиям. Конспект лекций	1-16
3	Подготовка отчета к практическим занятиям предусмотренным учебным планом. Отчет по практическим работам	1-16
4	Выполнение курсового проекта и его защита	1-16
	Экзамен	

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
1	Собеседование по темам самостоятельного изучения литературы по темам 1-9.	16	
2	Собеседование по темам лекций 1-9	16	
3	Собеседование по темам. Результаты выполнения практических работ №1-18.	16	
4	Курсовой проект	17	

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Для выполнения практических работ, курсового проекта, студент должен ознакомиться с соответствующими разделами теоретического материала и приведенными примерами в учебной литературе и методических указаниях по данной дисциплине. Самостоятельную проработку необходимых тем лекционного курса, практических работ, указывает преподаватель на соответствующих занятиях.

Результатами самостоятельной работы студентов по этим материалам являются составление: конспекта лекций, отчет по практическим занятиям и

собеседование с преподавателем по 141 соответствующим темам выполнение курсового проекта и его защиты.

5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины

Рабочей программы дисциплины предусмотрены следующие виды занятий и работ для студентов: в третьем семестре – лекции, практические работы, курсовой проект, экзамен.

Во время посещения лекций студенты кратко конспектируют основные положения излагаемого материала лекций, выделяя его главные положения, либо слушают этот материал. Рекомендуются повторить прослушанный материал лекции не позднее 48 часов после его изложения. В этом случае начинает срабатывать долговременная память, и все основные положения материала будут усвоены. Если какие-то темы рекомендуются проработать самостоятельно, то студентом составляется краткий конспект, проработанный темы материала. При собеседовании с преподавателем по темам лекций студент должен предоставить такой краткий конспект проработанных самостоятельно тем лекций.

При посещении практических работ каждый студент должен иметь отдельную подписанную тетрадь для выполнения заданий по практическим занятиям. В тетради записываются разбираемые темы практических занятий и решенные на разобранные темы задания. Конспект решенных заданий представляется студентом преподавателю ведущим практические занятия при собеседовании.

6. Методические указания по подготовке к экзамену

Для подготовки к экзамену по дисциплине студенту выдается перечень экзаменационных вопросов. Подготовка к экзамену осуществляется в течение

ние всего изучения курса дисциплины¹⁴² путем проведения лекций-бесед, самостоятельного изучения отдельного материала по учебникам, подготовкой к практическим занятиям, выполнением курсового проекта. В сессию студентам отводится дополнительное время для систематизации полученных знаний, умений и повторения соответствующего материала. Для этого необходимо по каждому вопросу во время подготовки составить краткий тезисный план ответа, включая необходимые поясняющие рисунки.

7. Методические указания по выполнению курсового проекта

Для выполнения курсового проекта в третьем семестре каждому студенту выдается индивидуальное задание на тему: «Проектирование стальной стропильной фермы покрытия на особое сочетание нагрузок с учетом вертикальной сейсмической нагрузки». Задание подписывается самим студентом, руководителем курсового проекта и утверждается заведующим кафедрой.

После получения задания студент должен приступить к его выполнению. Курсовой проект выполняется в течение всего семестра.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части – одного листа ватмана формата A1.

Примерный объем пояснительной записки курсового проекта – 40 ÷ 45 листов текста печатающих и графических устройств ЭВМ, с необходимыми рисунками и пояснениями на листах формата A4.

Рабочий чертеж 1 лист ватмана формата A1 выполняют на стадии КМД (конструкции металлические детализовочные).

На листе формата A1 размещают: фасадный вид отправочной марки стропильной фермы; виды на верхний, нижний пояса фермы, виды на торцы. Укрупнительные (монтажные узлы) фермы (в двух проекциях), схему фермы с указанием на ней расчетных усилий и геометрических длин элементов. Монтажную схему деления фермы на отправочные марки. Спецификацию элементов и таблицу отправочных марок фермы. Технические условия. Обра-

зец оформления чертежа одного из 143 вариантов курсового проекта представлен на стенде в аудитории 216, в одиннадцатом корпусе университета.

Пояснительная записка курсового проекта содержит:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- основную часть в соответствии с утвержденным заданием на курсовой проект, необходимые рисунки, таблицы, схемы и т.д.
- заключение;
- список использованных источников;
- приложение (при необходимости).

Пояснительная записка проекта состоит из следующих основных разделов:

- компоновка конструктивного решения фермы;
- сбор нагрузок на ферму;
- статический расчет фермы, таблица расчетных усилий.
- подбор и проверка сечений элементов фермы от статических расчетных усилий;
- расчет фермы на вертикальную сейсмическую нагрузку, таблица расчетных усилий;
- проверка подобранных сечений элементов стропильной фермы с учетом особого сочетания;
- расчет и конструирование узлов стропильной фермы.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.301, а при оформлении с применением печатающих и графических устройств ЭВМ по ГОСТ 2.004-88 на листах формата А4 (210x297) белой бумаги на одной стороне, межстроч-

ный интервал полуторный. На ли-¹⁴⁴стах наносится ограничительная рамка, отстоящая от левого края на 20мм и от остальных – на 5мм, поля, штамп. При выполнении текста с применением печатающих и графических устройств ЭВМ шрифт следует использовать «Times New Roman», размер 14, выравнивание «по ширине», интервал 1,5, абзацный отступ первой строки – 1,25 см. Оформление пояснительной записки должно отвечать требованиям ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам, ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

На листе «Введение» внизу приводится 4-х сантиметровый штамп по высоте, на последующих листах пояснительной записки внизу размещается 1,5 сантиметровый штамп.

Заглавный лист (первый лист текстовой части – введение) пояснительной записки должен соответствовать форме 9, а последующие – форме 9а по ГОСТ 2.106.

Чертежи и схемы курсового проекта должны выполняться на стандартных форматах согласно ГОСТ 2.301 с надписью по ГОСТ 2.104 в правом нижнем углу.

При выполнении чертежей, эскизов, схем должны быть соблюдены правила, установленные государственными стандартами ЕСКД, ЕСПД,

Листы текста следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Титульный лист, лист задания, листы содержания не нумеруются, но просчитываются. Номер страницы проставляется в правом нижнем углу штампа.

Параграфы, пункты и подпункты (кроме введения, заключения, библиографического списка и приложений) нумеруют арабскими цифрами, например, раздел 1., параграф 1.1., пункт 1.1.1., подпункт 1.1.1.1.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Слово «раздел» не пишется. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание раздела. Заголовки и подзаголовки приводят в форме именительного падежа единственного или множественного числа. Разделы и подразделы следует рас-

полагать в середине строки. Переносы слов в заголовках не допускаются. Каждый раздел, начинается с новой страницы. Между разделом и основным текстом ставится 1 пробел. Точка в конце названия раздела, подраздела не ставится.

Рисунки (чертежи, схемы, рисунки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице, если в указанном месте они не помещаются. На все рисунки должны быть даны ссылки по тексту пояснительной записки.

Рисунки должны иметь названия, которые помещают под рисунком посередине. Они нумеруются арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах каждого раздела проекта, например, в пределах одного раздела (первого) – Рисунок 1.1 – Расчетная схема балки настила и эпюры внутренних усилий. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Нумерация рисунков сквозная в пределах каждого раздела. После названия слова рисунок ставится 1 пробел, номер рисунка, тире и его название. Аналогично подписываются таблицы. Слово таблица, ее номер и название подписываются в левом верхнем углу над таблицей. После названия рисунка и окончания таблицы ставится 1 пробел перед основным текстом.

Формулы, для выполнения расчетов должны иметь сквозную нумерацию в пределах каждого раздела. Номер формулы проставляется в скобках двойной цифрой разделенной точкой и помещается в конце строки. При применении формулы первый раз она записывается полностью, затем с новой строки приводятся необходимые пояснения к ней. При повторном и последующем её применении, она записывается в общем виде с дальнейшей подстановкой в нее всех значений без пояснений, входящих в неё величин. Подробное изложение выполнения расчетов по курсовому проекту и их последовательность, порядок защиты и список рекомендуемой литературы приводятся в соответствующих методических указаниях по выполнению КП.

После выполнения расчетов по каждому из разделов пояснительной

записки студент предоставляет этот ¹⁴⁶ материал на проверку преподавателю, ведущему курсовой проект. Проверенные и исправленные по замечаниям, материалы выполненных расчетов пояснительной записки и чертежа, допускаются к защите проекта. При защите курсового проекта студент должен назвать тему работы, кратко изложить о проделанной работе, пользуясь при изложении чертежом, ответить на заданные вопросы по теме проекта. После защиты студенту выставляется оценка. Критерии оценивания ответов приведены ниже.

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент при ответе на вопросы как базового, так и повышенного уровня показывает глубокое и всестороннее знание предмета, обязательной и дополнительной литературы, аргументировано и логически стройно излагает материал, пользуясь СП, ГОСТами, может применять знания для анализа конкретных ситуаций.

Оценка **«хорошо»** ставится, если при ответе на вопросы базовой части студент показывает знание предмета, обязательной литературы, знакомстве с дополнительной литературой, аргументировано излагает материал, умеет применять знания для анализа конкретных ситуаций, однако незначительно нарушает последовательность изложения материала, дает недостаточно полное, хотя и верное определение понятий.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если студент при ответе на вопросы базовой части показал, что он в основном знает предмет, обязательную литературу, может практически применять свои знания, но программный материал излагает фрагментарно и непоследовательно, допускает отдельные ошибки и погрешности при проектировании зданий и сооружений, слабо ориентируется в межпредметных связях.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если студент не отвечает на предлагаемые ему вопросы базовой части или его ответ показывает, что не усвоено основное содержание предмета, обнаруживается незнание большей части учебного материала, допускаются грубые ошибки при формулировке основных понятий

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ПК-6, ПК-6.1, ПК-6.2. Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо прочитать лекционный материал, выполнить курсовую работу, изучить дополнительную литературу, установить взаимосвязи между изучаемыми понятиями, запомнить основные определения, продумать, где они могут применяться. Рекомендуется готовиться к данному контрольному мероприятию в течение семестра, разбирая теоретические задания для оценки сформированности компетенций к каждому практическому занятию, вовремя выполняя этапы курсового проекта. Эти задания предлагаются в УМК дисциплины «Специальные металлические конструкции», представленном на кафедре строительства.

Содержание и объем материала, подлежащего проверке, определяется программой дисциплины. При проверке усвоения этого материала производится выявление полноты, прочности усвоения студентами теории и умения применять ее на практике.

При оценке в первую очередь учитываются показанные студентами знания и умения (их полноту, глубину, прочность, использование). Оценка также зависит от наличия и характера погрешностей. Среди погрешностей выделяют ошибки и недочеты. Погрешность считается ошибкой, если она свидетельствует о том, что студент не овладел основными знаниями, умениями, указанными в программе.

К недочетам относятся погрешности, свидетельствующие о недостаточно полном или недостаточно прочном усвоении основных знаний и умений или об отсутствии знаний, не считающихся основными в соответствии с программой. Недочетами также являются: погрешности, которые не привели к искажению смысла, полученного студентом задания или способа его выполнения, неаккуратная запись, небрежное выполнение чертежа.
