

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)
Нижнетагильский машиностроительный техникум

УТВЕРЖДАЮ
Директор
В.В. Потанин
2023 г.



**Методические рекомендации
по выполнению и защите
курсового проекта
ПМ 02 Разработка технологических процессов и проектирование изделий
МДК 02.01 Основы расчета и проектирования сварных конструкций
по теме 1.1. Расчет и проектирование сварных конструкций
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО 22.02.06 Сварочное производство
базовой подготовки**

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности СПО 22.02.06 Сварочное производство утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 апреля 2014 года № 360 (базовой подготовки), рабочей программы профессионального модуля 02 Разработка технологических процессов и проектирование изделий.

Организация разработчик: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический и институт
Нижнетагильский машиностроительный техникум

Разработчик: преподаватель НТМТ Михайлова О.С., высшей категории
(ФИО)

Методические рекомендации обсужден и одобрен на заседании цикловой комиссии машиностроения и технологии материалов от 22.04.25 протокол № 3

Председатель ЦК  И.В.Семухина

Комплект контрольно-оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании и Методического Совета НТМТ

Протокол № 7 2023 г. Председатель Методического Совета
«03» 04



Содержание.

Введение

- 1 Организация выполнения курсового проекта
 - 1.1 Этапы выполнения курсового проекта
 - 1.2 Примерный план курсового проекта
 - 1.3 Написание курсового проекта
 - 2 Требования к оформлению курсового проекта
 - 2.1 Требования к написанию текста курсового проекта, формул, рисунков, таблиц
 - 2.2 Требования к оформлению списка литературы
 - 2.3 Требования к оформлению приложений
 3. Организация защиты курсового проекта
 - 3.1. Подготовка к защите курсового проекта
 - 3.2. Защита курсового проекта
 4. Критерии оценки курсового проекта
 - 4.1 Критерии оценки выполнения курсового проекта
 - 4.2 Критерии оценки защиты курсового проекта.
 5. Основные рекомендации по выполнению расчетов и конструированию сварной фермы
- Рекомендуемая литература
- Приложения

1 Организация выполнения курсовой работы

1.1 Этапы выполнения курсовой работы

Подготовка и защита курсового проекта состоят из следующих этапов:

1. Подбор и ознакомление с литературой по заданной теме.
2. Составление плана курсового проекта и согласование его с руководителем.
3. Изучение отобранной литературы, ГОСТов и действующей практики расчёта и конструирования сварных конструкций.
4. Сбор и обработка фактического материала в сочетании с литературными источниками.
5. Расчёт основных элементов, узлов, массы сварной конструкции.
6. Написание пояснительной записки объёмом, примерно, 30...40 страниц и графической части в объёме одного листа, выполненной в соответствии с требованиями ЕСКД.
7. Написание тезисов доклада для защиты курсового проекта.
8. Защита курсового проекта.

1.2 Примерный план курсового проекта.

Пояснительная записка должна содержать:

Введение

Исходные данные

- I. Определение опорных реакций
- II. Определение усилий в элементах фермы аналитическим способом
- III. Расчёт и конструирование элементов фермы
- IV. Расчёт и конструирование узлов фермы
- V. Расчёт соединительных планок
- VI. Расчёт массы фермы

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

Графическая часть должна содержать:

- сборочный чертёж фермы,
- спецификацию к сборочному чертежу.

1.3 Написание курсового проекта

Выполнение курсового проекта начинается с написания введения, которое составляет 1,5-2 страницы. Во введении следует раскрыть актуальность темы, определить цель и основные задачи работы, сформулировать практическую значимость работы, определить объект и предмет изучения, структуру работы.

Цель представляет собой конечный итог работы. Исходя из развития цели работы определяются задачи. Это обычно делается в форме перечисления (проанализировать...,

Введение

Курсовой проект – это исследовательская работа, проводимая на заключительном этапе изучения МДК

02.01 Основы расчёта и проектирования сварных конструкций с целью:

– формирования **профессиональных и общих** компетенций

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 2.5. Осуществлять разработку и оформление графических, вычислительных и проектных работ с использованием информационно-компьютерных технологий;

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

– систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений по МДК 02.01 Основы расчёта и проектирования сварных конструкций;

– углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;

– формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;

– формирования умений использовать справочную, нормативную и правовую документацию;

– развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

– подготовки к итоговой государственной аттестации.

Курсовой проект выполняется по исходным данным, выданным преподавателем.

разработать..., обобщить..., выявить..., показать..., изучить..., установить..., дать рекомендации... и т.п.). Часто задачи работы совпадают с формулировкой глав и параграфов.

Содержание основной части должно точно соответствовать теме работы и полностью её раскрывать. Изложение материала в работе должно быть последовательным и логичным. Все главы должны быть связаны между собой. Поэтому особое внимание следует обращать на логические переходы от главы к главе, от параграфа к параграфу. Каждый вопрос должен быть освещён по определённой схеме, не допуская повторов, отрывочных логически не связанных между собой положений.

При написании работы следует обращать внимание на правильность выявления причинно-следственных связей между изучаемыми явлениями.

В заключении работы излагаются краткие выводы по теме, характеризуется степень её раскрытия, определяется, достигнута ли цель и задачи работы. Для успешной защиты работы следует иметь не менее трёх - четырёх основных предложений. Как правило, обоснованные выводы этой главы определяют практическую значимость работы, сформулированную во введении. Заключение курсового проекта должно быть по объёму 2-3 страницы. Именно в заключении наиболее ярко проявляется способность автора ясно мыслить и излагать материал. Заключение является основой для написания текста к защите курсовой работы.

В ходе написания работы следует обратить внимание на язык изложения материала, особенно на лексику, орфографию и пунктуацию. Работа должна быть написана грамотно и аккуратно.

2. Требования к оформлению курсового проекта:

2.1 Требования к написанию текста курсового проекта, формул, рисунков, таблиц.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1)

3.3 Подлинники текстовых документов выполняются одним из следующих способов:

- машинописным, при этом следует выполнять требования ГОСТ 13.1.002. Шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

- рукописным - чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм.

Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью;

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004);

- на электронных носителях данных.

ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

Буквы, цифры и знаки в документах, получаемых на графических документах, должны соответствовать ГОСТ 2.304; ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертёжные (с изменением №1, 2)

3.6 Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк - не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15-17 мм).

3.7 Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчёркнутой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

4 Требования к текстовым документам, содержащим, в основном, сплошной текст

4.1 Построение документа

4.1.1. Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы.

4.1.2. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа (части, книги), обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

4.1.3 Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

1 Типы и основные размеры

4.2.10 Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 м.

4.2.11 Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4.2.15 В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими

государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Пример - Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где - масса образца, кг;

- объем образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

4.2.16 Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

4.3 Оформление иллюстраций и приложений

4.3.1 Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1".

4.3.4 Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата,

расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т.д.

4.3.7 Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово "обязательное", а для информационного - "рекомендуемое" или "справочное".

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

4.3.8 Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова "Приложение" следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. 4.3.14* Допускается в качестве приложения к документу использовать другие самостоятельно выпущенные конструкторские документы (габаритные чертежи, схемы и др.).

4.4 Построение таблиц

4.4.1 Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей. При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 1.

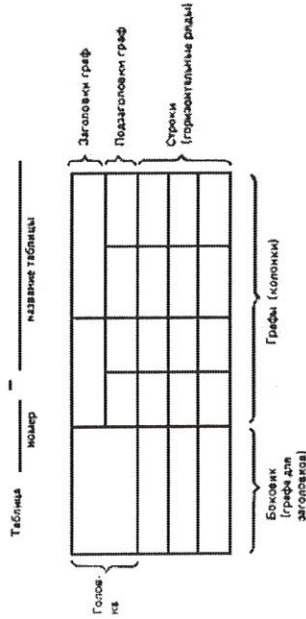


Рисунок 1

4.4.2 Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица В.1", если она приведена в приложении В.

Таблица 1.

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Высота шага резьбы	Толщина шайбы					
		дискон		полноразмер		трактор	
		a	b	a	b	a	b
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5	—	—
2,5	2,6	0,6	0,8	0,5	0,6	—	—
3,0	3,1	0,8	1,0	0,5	0,5	1,0	1,2

Продолжение таблицы 1.

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Высота шага резьбы	Толщина шайбы					
		дискон		полноразмер		трактор	
		a	b	a	b	a	b
4,0	4,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,6
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
42,0	42,5	—	—	9,0	9,0	—	—

Применение - Здесь (и далее) таблицы приведены условно для иллюстрации соответствующих требований настоящего стандарта.

Рисунок 2

2.2. Требования к оформлению списка литературы

В список литературы включаются все источники, использованные студентом при написании курсовой работы. Литература группируется в списке в следующем порядке:

1. нормативно-правовые акты: Конституция, законы, указы Президента РФ, постановления правительства РФ – в хронологической последовательности;
2. ведомственные правовые акты в хронологической последовательности;
3. монографическая и учебная литература;
4. статьи из журналов и газет;
5. статистические сборники в хронологической последовательности;
6. документы и материалы государственных архивных учреждений – в хронологической последовательности;
7. книги и статьи на русском языке в алфавитном порядке;
8. книги и статьи на иностранных языках в алфавитном порядке.

2.3. Требования к оформлению приложений

При наличии в курсовом проекте приложений каждое из них должно иметь заголовок. Каждое приложение начинается с нового листа. Приложения обозначаются заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ы, Ь. Слово «Приложение» размещается в правом верхнем углу над заголовком. Заголовок записывается симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой. Точка в конце заголовка не ставится. В тексте работы на все приложения должны быть ссылки. Приложения располагаются в порядке ссылок на них в тексте работы.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

4.4.3 На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово "таблица" с указанием ее номера.

4.4.4 Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

4.4.5 Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Разделить заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

4.4.6 Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

4.4.7 Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово "Таблица" указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова "Продолжение таблицы" с указанием номера (обозначения) таблицы в соответствии с рисунком 2. При подготовке текстовых документов с использованием программных средств надпись "Продолжение таблицы" допускается не указывать.

3. Организация защиты курсового проекта

3.1. Подготовка к защите курсового проекта

После написания курсового проекта сдаётся на проверку в строго установленные учебным заведением сроки.

Для подготовки к защите целесообразно подготовить тезисы доклада. При составлении тезисов необходимо учитывать, что ориентировочное время доклада на защите – 7-10 минут. Структура доклада при защите курсового проекта может быть следующей:

- 1) Представление студента и темы работы.
- 2) Причины выбора и актуальность темы.
- 3) Цель работы и её задачи.
- 4) Предмет исследования.
- 5) Логика построения работы.
- 6) Основные положения и выводы по работе.

Объём 4 – 5 листов текста в формате Word, размер шрифта 14 пунктов, полуторный интервал.

3.2. Защита курсового проекта

Защита имеет своей целью выявление степени раскрытия автором темы работы, самостоятельности и глубины изучения проблемы, обоснованности выводов и предложений.

На защите работы студент должен показать не только знание темы, но и способность к самостоятельному мышлению, умение чётко и ясно излагать свои мысли и выводы.

На защите работы следует выступать с заранее подготовленными тезисами доклада. Желательно, чтобы студент излагал доклад свободно, используя письменный текст. Речь должна быть ясной, грамматически точной, уверенной. В ходе выступления с докладом следует обратить внимание на правильное произношение слов, особенно экономических терминов.

После выступления с докладом преподаватели, принимающие защиту, задают любые вопросы по работе, уточняют полученные выводы и результаты. Ответы на поставленные вопросы должны быть краткими и состоять, как правило, из двух – трёх предложений. На вопросы следует отвечать уверенно и чётко.

При оценке курсовой работы учитывается как содержание, так и защита работы. Оценка по работе сообщается студенту после защиты.

4. Критерии оценки курсового проекта:

4.1 Критерии оценки выполнения курсового проекта:

Оценка 5 «отлично»

- актуальность темы
- тема раскрыта полно, правильно и логично
- самостоятельность работы и суждений
- в проекте используются различные источники информации, межпредметные связи
- студент анализирует, обобщает, делает выводы
- пояснительная записка имеет необходимые расчеты, пояснения, выводы, выполнена аккуратно
- графическая часть соответствует требованиям ЕСКД, имеет необходимый объем и уровень сложности.

Оценка 4 «хорошо»

- Те же требования к изложению и оформлению проекта, но допущены незначительные неточности в представленной документации.

Оценка 3 «удовлетворительно»

- тема раскрывается неполно, допускаются неточности в расчетах
- отсутствует самостоятельность суждений, аргументированность положений
- в работе не использованы различные источники информации
- приняты не рациональные параметры передач
- конструктивные решения не учитывают эксплуатационных и экономических требований
- графическая часть выполнена с нарушением требований ЕСКД

Оценка 2 «неудовлетворительно»

- тема не раскрыта, представлены лишь фрагментарные разрозненные куски материала
- отсутствует необходимый объем конструкторских документов

4.2 Критерии оценки защиты курсового проекта.

Оценка 5 «отлично»

- студент демонстрирует системность и целостность знаний по теме
- свободно пользуется понятиями и терминами
- выступление логично, доказательно, убедительно
- студент умеет анализировать, обобщать, делать выводы
- речь сформирована, выступающий готов к диалогу
- студент способен к самоанализу и самооценке

Оценка 4 «хорошо»

- те же требования к выступлению, но студент допускает незначительные ошибки в докладе и ответах

Оценка 3 «удовлетворительно»

- выступление студента демонстрирует отсутствие системности и целостности знаний по теме
- невысокий уровень усвоения и владения понятиями и терминами
- студент затрудняется при анализе, не может обобщать и сделать самостоятельные выводы
- речь сформирована слабо, допускаются речевые ошибки
- не способен к самоанализу и самооценке

Оценка 2 «неудовлетворительно»

- доклад студента демонстрирует наличие лишь отдельных представлений по представленному проекту
- студент не владеет понятиями и терминами
- отсутствует логика выступления
- допускает серьезные ошибки.

5. Основные рекомендации по выполнению расчетов и конструированию сварной фермы

I. Определение опорных реакций

Определение опорных реакций производится с помощью уравнений статики:

$$\sum P_y = 0,$$

$$\sum P_z = 0,$$

$$\sum M_i = 0,$$

где y – вертикальная ось координат,

z – горизонтальная ось координат,

i – любая, выбранная точка в данной системе координат.

Рекомендуется:

- для определения опорной реакции R_A составить уравнение

$$\sum M_B = 0,$$

- для определения опорной реакции R_B составить уравнение

$$\sum M_A = 0,$$

- для определения горизонтальных опорных реакций составить уравнение $\sum P_z = 0$,

- для проверки правильности определения опорных реакций составить уравнение $\sum P_y = 0$.

II. Определение усилий в элементах фермы

Существуют различные методы определения усилий:

- аналитический – метод Риттера,

- графический – метод Максвелла-Кремоны,

- с помощью линий влияния.

В курсовом проекте рекомендуется применять аналитический метод.

Аналитический метод

Суть аналитического метода:

- ферма мысленно разрезается на две части сечением, проходящим не более чем через три стержня с неизвестными усилиями,

- одна часть фермы отбрасывается (любая),

- действие отброшенной части фермы заменяется усилиями,

- т. к. оставшаяся часть фермы находится в равновесии, то для полученной системы можно применить уравнения статики.

Рекомендуется:

- составить расчётную схему фермы (вычертить схематично ферму, нанести действующие нагрузки и опорные реакции с обозначениями),

- обозначить все узлы фермы буквами русского алфавита,

- пронумеровать все стержни фермы арабскими числами,

- нанести сечения, обозначив их римскими цифрами,
- для каждого сечения изобразить расчётную схему оставшейся части фермы отдельным рисунком,
- нанести на полученную схему усилия в разрезанных стержнях, считая их растягивающими, направить их от узла,
- обозначить усилия в разрезанных стержнях, присвоив им индекс, соответствующий номеру стержня на расчётной схеме,
- составить необходимое количество уравнений статики для определения усилий в разрезанных стержнях, причём наиболее рационально определять неизвестные усилия независимо друг от друга,
- если полученные усилия имеют знак «минус», то значит эти усилия сжимающие.

Пример:

Расчетная схема фермы.

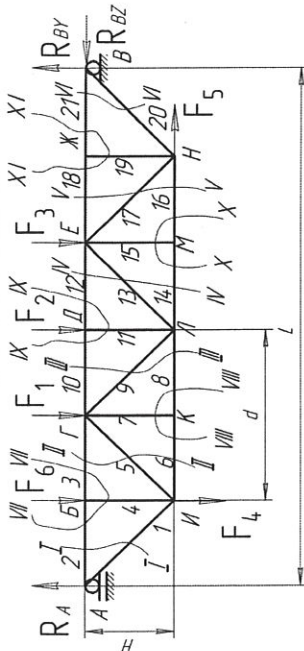
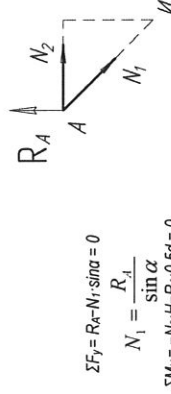


Рисунок 1

Расчет усилий в элементах фермы.

Сечение I-I



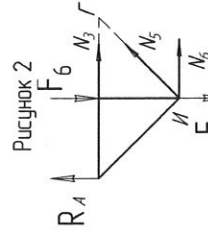
$$\sum F_y = R_A - N_1 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$N_1 = \frac{R_A}{\sin \alpha}$$

$$\sum M_A = -N_2 \cdot H + R_A \cdot 0.5d = 0$$

$$N_2 = -\frac{R_A \cdot 0.5d}{H}$$

Сечение II-II



$$\sum F_y = N_5 \cdot \sin \alpha - F_4 - F_6 - F_4 + R_A = 0$$

$$N_5 = \frac{F_6 + F_4 - R_A}{\sin \alpha}$$

$$\sum M_I = F_6 \cdot 0.5d + N_6 \cdot H + F_4 \cdot 0.5d - R_A \cdot d = 0$$

$$N_6 = \frac{-F_6 \cdot 0.5d - F_4 \cdot 0.5d + R_A \cdot d}{H}$$

$$\sum M_A = -N_3 \cdot H + R_A \cdot 0.5d = 0$$

$$N_3 = \frac{-R_A \cdot 0.5d}{H}$$

Сечение III-III

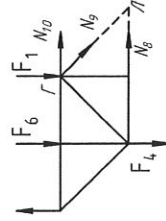


Рисунок 4

Все найденные значения усилий в стержнях сводятся в таблицу:

Таблица 1 - Усилия в элементах фермы

N элемента	1	2	3	4	5	6	7	и т. д.
Геометрическая длина, м								
Усилие в элементе, тс								

$$\Sigma F_V = -N_8 \sin \alpha - F_1 - F_3 - F_6 + R_A = 0$$

$$N_8 = \frac{-F_1 - F_3 - F_6 + R_A}{\sin \alpha}$$

$$\Sigma M_r = N_8 H + F_6 \cdot 0.5d + F_3 \cdot 0.5d - R_A \cdot d = 0$$

$$N_8 = \frac{-F_3 \cdot 0.5d - F_6 \cdot 0.5d + R_A \cdot d}{H}$$

$$\Sigma M_n = -N_{10} H + F_1 \cdot 0.5d + F_6 \cdot d + F_3 \cdot d - R_A \cdot 1.5d = 0$$

$$N_{10} = \frac{F_1 \cdot 0.5d + F_6 \cdot d + F_3 \cdot d - R_A \cdot 1.5d}{H}$$

Сечение IV-IV

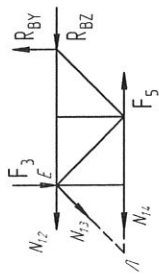


Рисунок 5

$$\Sigma F_V = -N_{12} \sin \alpha - F_3 + R_{BY} = 0$$

$$N_{12} = \frac{-F_3 + R_{BY}}{\sin \alpha}$$

$$\Sigma M_n = N_{12} H + F_3 \cdot 0.5d + R_{BY} \cdot 1.5d + R_{BZ} \cdot H = 0$$

$$N_{12} = \frac{-F_3 \cdot 0.5d - R_{BY} \cdot 1.5d - R_{BZ} \cdot H}{H}$$

$$\Sigma M_e = -N_{14} H + F_5 \cdot H + R_{BY} \cdot d = 0$$

$$N_{14} = \frac{F_5 \cdot H + R_{BY} \cdot d}{H}$$

Сечение VII-VII

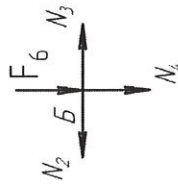


Рисунок 6

$$\Sigma F_V = -F_6 - N_4 = 0$$

$$N_4 = -F_6 = -8 \text{ тс}$$

Сечение VIII-VIII

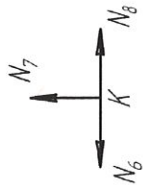


Рисунок 7

$$\Sigma F_V = N_7 = 0$$

Типы сечений элементов ферм

В курсовом проекте рекомендуется подбирать сечения, обеспечивающие симметричность приложения нагрузки.

Для сжатых поясов:

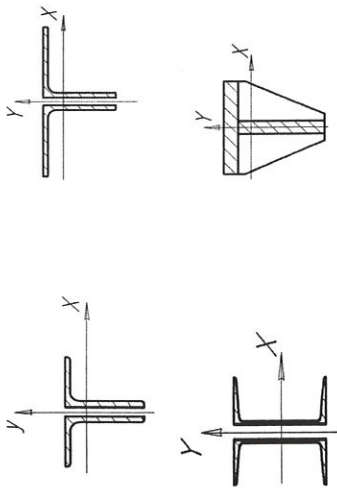


Рисунок 8

Для растянутых поясов:

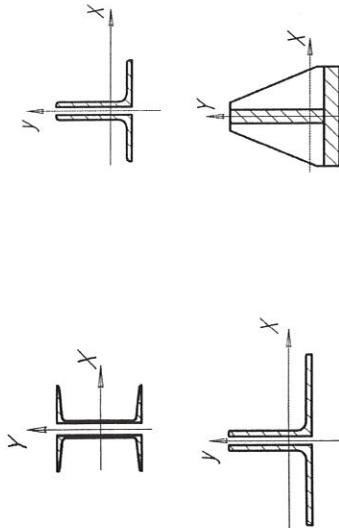


Рисунок 9

Для раскосов и стоек:

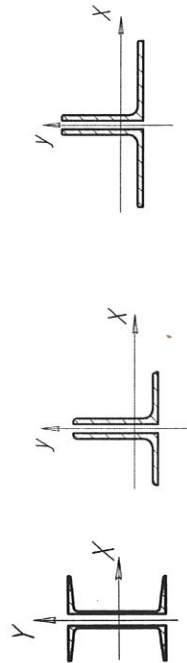


Рисунок 10

III. РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ФЕРМ

Для расчёта стержни фермы разделяют на 5 групп:

1. Верхний пояс
2. Нижний пояс
3. Раскосы, решётки
4. Стойки
5. Опорные раскосы или опорные стойки.

Из технологических соображений сечения элементов в каждой группе делают одинаковыми. Расчёт при этом производится по наиболее нагруженному элементу.

Расчёт раскосов и стоек производится по наибольшему сжимающему усилию. Если наибольшее растягивающее усилие ($+N_{\max}$) больше по абсолютной величине, чем максимальное сжимающее усилие ($-N_{\max}$), то производится проверка выбранного сечения по $+N_{\max}$.

РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Подбор сечений сжатых элементов производится из условий расчёта на устойчивость.

Требуемая площадь сечения:

$$A_{\text{тр}} = \frac{N_{\max}}{\varphi[\sigma]} \quad (1),$$

где N_{\max} – максимальное сжимающее усилие,

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение,

φ – коэффициент продольного изгиба (смотри таблицу страница 325 [1]).

Рекомендуется в начале расчёта принять $\varphi = 0,5 \dots 0,8$

Выбирается тип сечения. По требуемой площади сечения подбирается прокатный профиль по таблицам сортамента, (фактическая площадь сечения подбирается немного больше, чем требуемая).

Для выбранного сечения определяются моменты инерции J_x и J_y .

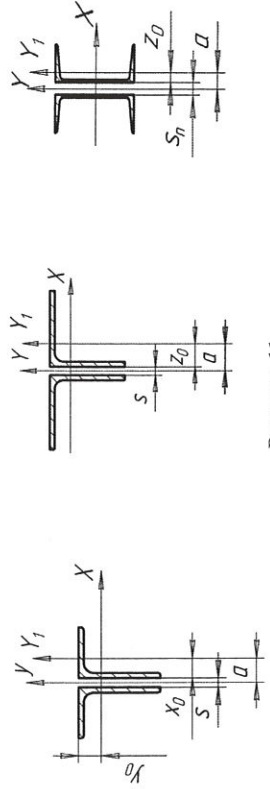


Рисунок 11

$I_p = 0,8 I_z$ для раскосов и стоек,

где I_z - геометрическая длина стержня.

Из двух значений гибкостей λ_x и λ_{np} выбирается наибольшее значение λ_{\max}

По λ_{\max} определяется коэффициент продольного изгиба φ по таблице I приложения (стр. 327) {1}

Сечение стержня проверяется на устойчивость

$$\sigma = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma] \quad (9),$$

Загрузка сечения должна быть оптимальной.

При значительной недогрузке сечения размеры сечения уменьшаются, при перегрузке — увеличиваются.

Выборное сечение вновь проверяется на устойчивость.

Для сквозных сечений:

$$J_x = 2 J_{x1} \quad (2),$$

где J_x - момент инерции всего сечения относительно материальной оси,

J_{x1} - момент инерции сечения относительно собственной оси, определяется по таблице сортамента.

$$J_y = 2 (J_{y1} + A_1 \cdot a^2) \quad (3),$$

где J_y - момент инерции всего сечения относительно свободной оси,

J_{y1} - момент инерции отдельной ветви относительно собственной оси,

A_1 - площадь сечения одной ветви,

a - расстояние между осью всего сечения и собственной осью ветви.

Радиусы инерции сечения:

$$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} \quad (4), \quad r_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} \quad (5),$$

где r_x - радиус инерции всего сечения относительно оси x ,

r_y - радиус инерции всего сечения относительно оси y ,

A - площадь всего сечения.

Гибкости стержней:

$$\lambda_x = \frac{l}{r_x} \quad (6), \quad \lambda_y = \frac{l}{r_y} \quad (7),$$

$$\lambda_{np} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_b^2} \quad (8),$$

где λ_x - гибкость стержня относительно оси x ,

λ_y - гибкость стержня относительно оси y ,

λ_{np} - приведённая гибкость определяется для сквозных сечений,

λ_b - гибкость отдельной ветви относительно собственной оси,

l - расчётная длина стержня.

Рекомендуется в курсовом проекте принимать:

$$\lambda_b = 40.$$

$$l = l_z \text{ для поясов,}$$

РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАСТЯНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Подбор сечения растянутых элементов производится из условия расчёта на прочность. Требуемая площадь сечения:

$$A_{тр} = \frac{N_{max}}{[\sigma]} \quad (10),$$

где N_{max} – максимальное растягивающее усилие

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение

Выбирается тип сечения.

По требуемой площади сечения подбирается прокатный профиль по таблицам сортамента.

Выбранное сечение проверяется на прочность.

$$\sigma = \frac{N_{max}}{A} \leq [\sigma] \quad (11),$$

Для растянутых элементов производится проверка гибкости.

λ_{max} определяется аналогично расчёту сжатых элементов,

$\lambda_{max} \leq 150$ – для поясов,

$\lambda_{max} \leq 350$ – для раскосов и стоек.

Результаты расчёта сводятся в таблицу:

Таблица 2 - Выбранные сечения

Наименование элемента	Номера элементов	Тип сечения	Площадь сечения, см ²
Верхний пояс			
Нижний пояс			
Опорные раскосы			
Раскосы			
Стойки			

РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УЗЛОВ ФЕРМЫ

Все узлы фермы должны быть разделены на группы подлобных узлов.

Конструирование узла начинается с вычерчивания осевых линий.

Оси всех элементов узла начинаются, проходящие через центры тяжести сечений, должны пересекаться в одной точке. При несоблюдении этого условия в элементах возникают дополнительные изгибающие моменты. Элементы в узле соединяются с помощью косынок.

ТИПЫ КОСЫНОК

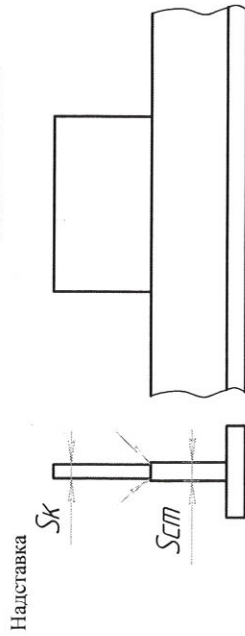


Рисунок 12

Вставка

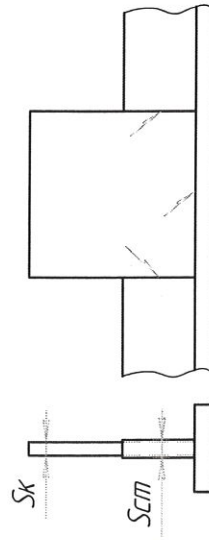


Рисунок 13

Накладка

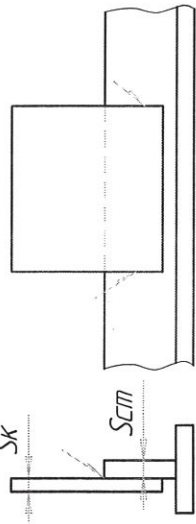


Рисунок 14

Прокладка

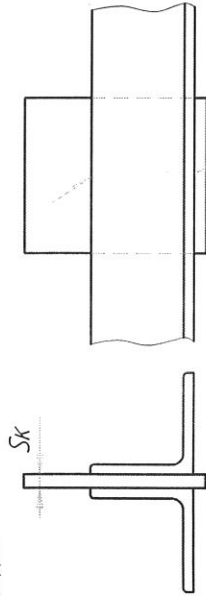


Рисунок 15

При составлении сечения элементов ферм обычно применяются прокладки.

Размеры косынок определяются условием размещения на них сварных швов, длина которых рассчитывается из условия прочности.

Форма косынок должна быть по возможности простой. Для обеспечения простой формы косынки допускается увеличивать расчётную длину нахлёстки.

Расчёт суммарной длины шва:

$$l_w = \frac{N' i}{\varepsilon \cdot k \cdot [\sigma_w]} \quad (12),$$

где ε - коэффициент, зависящий от способа сварки,

k - катет шва,

$[\sigma_w]$ - допустимое напряжение металла шва.

$N' i$ - усилие, действующее на элемент.

При составном сечении:

$$N' i = \frac{N i}{2},$$

где $N i$ - усилие, действующее в стержне,

При приварке элемента, имеющего симметричное сечение (например, швеллера), длина нахлёстки определяется:

$$l_n = \frac{l_w}{2} \quad (13),$$

При приварке несимметричного сечения расчёт длины шва зависит от положения центра тяжести сечения. Усилие распределяется по сварным швам обратно пропорционально расстоянию до центра тяжести сечения.

При приварке равнополочных уголков:

$$l_n = l_{\phi} = 0,7 l_{\phi} \quad (14),$$

где l_n - длина нахлёстки,

l_{ϕ} - длина наиболее нагруженного флангового шва,

l_{ϕ} - суммарная длина фланговых швов.

$$l_{\phi} = l_w - l_n \quad (15),$$

где l_n - длина лобового шва.

Швы, присоединяющие косынки к поясам, проверяются на прочность:

$$\sigma_w = \frac{N_k}{\varepsilon \cdot k \cdot l_k \cdot n} \leq [\sigma_w] \quad (16),$$

где σ_w - напряжение в металле шва,

$[\sigma_w]$ - допустимое напряжение для металла шва,

l_k - длина шва, равная длине косынки,

n - количество швов,

N_k - усилие, стремящееся сдвинуть косынку относительно пояса.

Усилия, действующие в поясе, на косынку не передаются.

N_k определяются из уравнений:

$\sum P_y$ - сумма проекций сил на вертикальную ось.

или $\sum P_z$ - сумма проекций сил на горизонтальную ось.

Если косынка выступает за пояс, то заваривается 4 шва, т.е. $n=4$.

Если косынка не выступает за пояс, то швы с наружной стороны пояса в расчёт не принимаются, $n = 2$.

Для определения формы и размеров косынки выполняется эскиз узла в масштабе.

Эскиз выполняется в определённой последовательности:

- вычерчиваются осевые линии элементов, входящих в узел;

РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРНОГО УЗЛА

- относительно осей располагаются все элементы узла. Вертикальные полки уголков поясов, опорных раскосов должны быть повернуты наружу. Оси должны проходить через центры тяжести сечений;

- определяются края раскосов и стоек. Между поясом и раскосами (стойками) должен быть зазор не менее 20 мм. Край раскосов и стоек отрезаются перпендикулярно осям элементов;
- откладываются расчётные длины нахлёстки для всех элементов;
- вычерчиваются контуры косынки. Рекомендуется, чтобы кромки косынки были перпендикулярны к осям всех элементов узла. Форма косынки должна быть простой. При необходимости обеспечения простой формы косынки, длину нахлёстки можно увеличивать;
- определяются размеры косынки измерением по эскизу узла (l_k - длина косынки, b_k - ширина косынки).

После расчёта каждого узла должны быть указаны принятые габаритные размеры косынки.

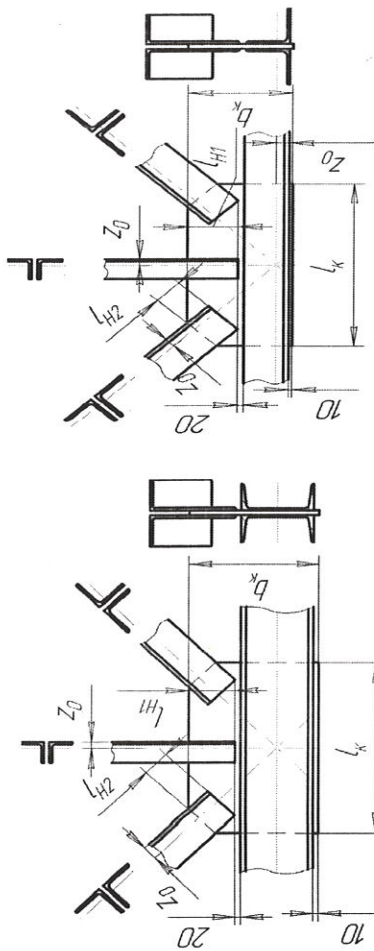


Рисунок 16

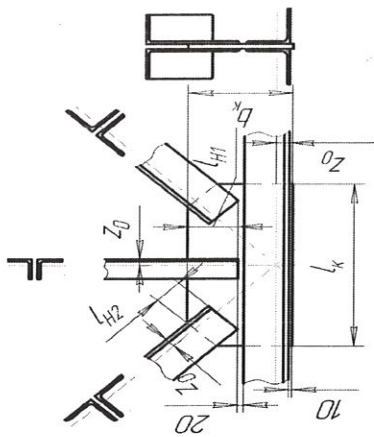


Рисунок 17

Типы опорных узлов:

1. При опоре на нижний пояс

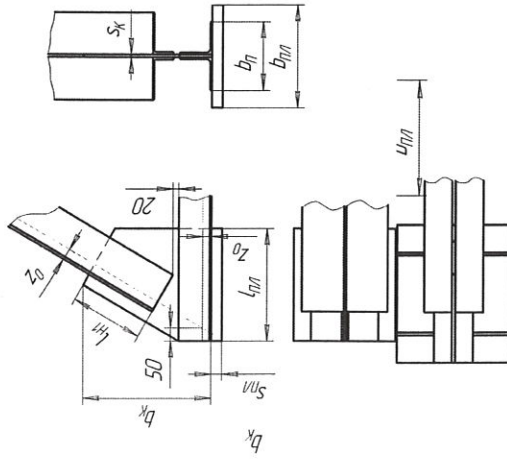


Рисунок 18

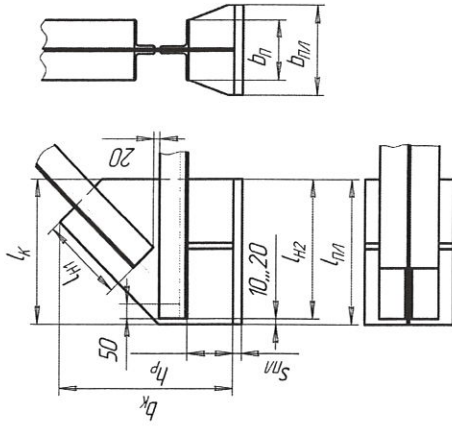


Рисунок 19

При опоре на верхний пояс:

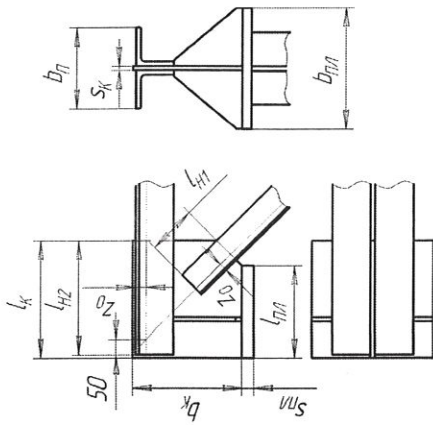


Рисунок 21

Точка пересечения осей опорного узла должна находиться в пределах пояса.

Размеры опорной плиты определяются из следующих соотношений:

$$b_{n1} = (1,2 \dots 1,5) b_n$$

$$l_{n1} = (1 \dots 1,5) b_{n1}$$

$$s_{n1} = 16 \dots 40 \text{ мм,}$$

где:

b_{n1} - ширина плиты,

b_n - ширина пояса,

l_{n1} - длина плиты,

s_{n1} - толщина плиты.

Высота рёбер жёсткости принимается конструктивно.

Расчёт сварных швов элементов опорного узла ведётся из условий равнопрочности по максимально допустимым усилиям.

$$N_{\max} = A[\sigma] \quad (17),$$

где: A - площадь сечения элемента,

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение.

Швы, приваривающие опорную плиту к косынке и рёбрам жёсткости, рассчитываются по формуле:

$$\sigma_{ш} = \frac{R_{\max}}{\varepsilon \cdot \kappa \cdot L_{ш}} \leq [\sigma_{ш}] \quad (18),$$

где R_{\max} - максимальная опорная реакция,

$L_{ш}$ - суммарная длина швов, приваривающих плиту к косынке и рёбрам жёсткости,
 κ - катет шва.

$$L_{ш} \approx 2l_{n1} + 2b_{n1}$$

При $\sigma_{ш} \geq [\sigma_{ш}]$ увеличиваются l_{n1}, b_{n1}, κ .

РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ПЛАНК

Соединительные планки устанавливаются в составных сечениях для увеличения жёсткости элементов сечения относительно свободной оси.

Требуемое расстояние между планками $l_{ис.пр}$ определяется по формулам (если свободной осью является ось y):

- для сжатых элементов

$$l_{ис.пр} = 40r_y \quad (19),$$

- для растянутых элементов

$$l_{ис.пр} = 80r_y \quad (20),$$

где r_y - радиус инерции ветви относительно собственной оси.

Требуемое количество планок определяется по формуле:

$$n_{ис.пр} = \frac{I_{св} - 1}{I_{ис.пр}} \quad (21),$$

где $I_{св}$ - свободная длина элемента.

$$I_{св} = l_z - (l_{k1} - l_{k2}),$$

где l_z - геометрическая длина элемента,

l_{k1}, l_{k2} - расстояния от точки пересечения осей элементов до края косынки

(смотри рисунок 23).

Если $n_{ис.пр} \leq 0$, то планок не требуется.

Полученное при расчёте значение $l_{ис.пр}$ округляется в большую сторону до целого числа.

Фактическое расстояние между планками:

$$I_{nc} = \frac{I_{co}}{n_{nc} + 1} \leq I_{nc,пр} \quad (22),$$

где n_{nc} - принятое количество планок.

Размеры планки:

$$s_{nc} = s_k$$

$$I_{nc} = b + 20_{мм}$$

$$b_{nc} = 80 \dots 120_{мм}$$

где b_{nc} - ширина планки,

s_k - толщина косынок,

b - ширина сечения соединяемых элементов (смотри рисунок 22).

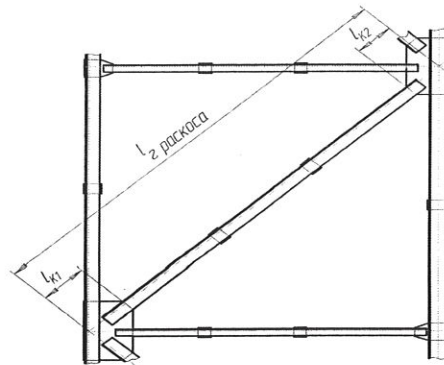


Рисунок 22

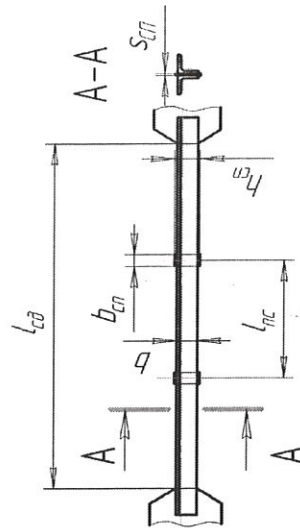


Рисунок 23

Расчёт массы фермы

Масса фермы

$$M = M_{пр} + M_л + M_{ш} \quad (23),$$

где $M_{пр}$ – масса деталей из профильного проката,

$M_л$ – масса деталей из листового проката,

$M_{ш}$ – масса наплавленного металла.

5.1 Расчёт массы деталей из профильного проката

$$M_{пр} = \gamma_{пр} \cdot l_{ф} \quad (24),$$

где $\gamma_{пр}$ – линейная плотность материала, определяется по таблицам сортамента,

$l_{ф}$ – фактическая длина элемента, определяется по чертежу.

Данные расчёта заносятся в таблицу.

Таблица 3

№ детали	Наименование	Профиль проката	Длина, м	Масса 1м профиля, кг	Масса 1 детали, кг	Кол-во, шт	Масса всех деталей, кг
1	2	3	4	5	5×4–6	7	6×7–8

Итого

5.2 Расчёт массы деталей из листового проката

$$M_l = V \cdot \gamma \quad (25),$$

где V – объём детали,

γ – плотность материала.

Для стали $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$

$$V = l \cdot b \cdot s \quad (26),$$

где l – длина детали,

b – ширина детали,

s – толщина детали.

Данные расчёта заносятся в таблицу.

Таблица 4

№ детали	Наименование детали	Высота, см	Длина, см	Толщина, см	Объем, см ³	Плотность, г/см ³	Масса детали, кг	Кол-во, шт	Масса всех дет., кг
1	2	3	4	5	3×4×5=6	7	6×7=8	9	8×9=10

Итого

5.3 Расчёт массы наплавленного металла

$$M_{ш} = V_{ш} \cdot \gamma \quad (27),$$

где $V_{ш}$ – объём металла шва,

$$\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$$

$$V_{ш} = A_{ш} \cdot l \quad (28),$$

где $A_{ш}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла, l – суммарная длина швов одного катета.

Для углового шва без разделки кромок площадь сечения наплавленного металла

подсчитывается по формуле:

$$A_{ш} = \frac{k^2}{2} + 1,05qk \quad (29),$$

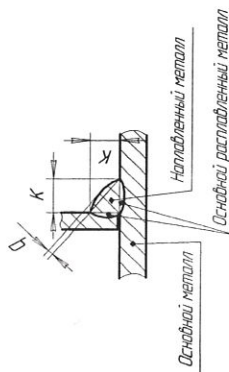
где q – усиление шва, k – катет шва.

Рисунок 24

Таблица 5

k , мм	5	6	8	10	12
$A_{ш}$, мм	20	28	45	66	91

Для подсчёта длин швов составляется таблица:

Таблица 6

№ шва	Условное обозначение	Катет шва, мм	Длина шва, см	Кол-во швов, шт	Длина всех швов, см
1	2	3	4	5	4×5=6

Итого

Для подсчёта массы швов составляется таблица:

Таблица 7

Условное обозн.	Катет шва, мм	Площадь сечения шва, см ²	Суммарная длина швов, см	Объем швов, см ³	Плотность материала, г/см ³	Масса всех швов, кг
1	2	3	4	3×4=5	6	5×6=7

Итого

Процент массы швов от массы фермы:

$$k = \frac{M_{ш}}{M} \cdot 100\% \quad (30)$$

Рекомендуемая литература:

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Аверин В.Н. Компьютерная графика: учебник для СПО / В.Н. Аверин. – М.: Академия, 2020. –256 с.
2. Адашкин А.М. Материаловедение и технология материалов: учеб. пособие для сред. проф. образования / А.М. Адашкин, В.М. Зуев. – 2-е изд. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. – 336с. – (Профессиональное образование).
3. Федотова Е.Л. Информационные технологии в профессиональной деятельности: учеб. пособие для сред. проф. образования / Е.Л. Федотова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. – 367с.
4. Эрдели А.А. Техническая механика: учебник для сред. проф. образования / А.А. Эрдели, Н.А. Эрдели. – 7-е изд., стер. – М.: Академия, 2021. – 528с.

Дополнительные источники:

1. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления. Автоматизация производства и проектирования сварных конструкций: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1983г.
2. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкций: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1982г.
3. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления. Автоматизация производства и проектирования сварных конструкций: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1983г.
4. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкций: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1982г.
5. Овчинников В.В. Расчет и проектирование сварных конструкций: учебник для среднего профессионального образования. – М.: Академия, 2010г.,
6. Овчинников В.В. Расчет и проектирование сварных конструкций. Практикум и курсовое проектирование: учебное пособие для среднего профессионального образования. – М.: Академия, 2010г.
7. Майзель Б.С., Навроцкий Д.Н. Сварные конструкции: Учебник для машиностроительных техникумов. - М.: Машиностроение, 1965г.
8. Металловедение: учебник для техникумов/Самохоцкий А.И. и др.- изд4-е, переработанное и дополненное. – М.: Металлургия, 1990г.

Периодические издания:

1. Газета «Российская газета»
2. Газета «Областная газета»
3. Журнал «Сварка и диагностика»
4. Журнал «В мире неразрушающего контроля»
5. Журнал «Компьютерные инструменты в образовании»

Интернет-ресурсы:

1. www.informika.ru
2. <http://nitr.ru/lawcenter>.