

**Приложение 4. Методическое пособие
по выполнению практических работ
к ОП по специальности
22.02.06 Сварочное производство**

Методическое пособие по выполнению практических
работ по МДК 02.01

Специальность 22.02.06 Сварочное производство
(базовой подготовки)

Оглавление	2
Практическая работа №1	4
Тема: Определение вида стали по обозначению ее марки. Выбор проката для различных видов.	4
Задание 1.1	7
Задание 1.2	10
Практическая работа №2	11
Виды сварных соединений . Типы сварных швов	11
Задание 2.1:	19
Задание 2.2	21
Практическая работа №3	22
Тема: Расчет стыковых, угловых соединений на растяжение, сжатие, срез, изгиб.	22
Задача 3.1	22
Задача 3.2	24
Задача 3.3	25
Задача 3.4	28
Задача 3.5	31
Задача 3.6	33
Практическая работа № 4	37
Тема: Подбор сечения двутавровой балки	37
Практическая № 5	43
Тема: Подбор поперечного сечения стойки.	43
Задача 5.1	43
Практическая работа № 6	49
Тема: Сварные фермы	49
Задача 6.1	49
Практическое занятие № 7	53
Тема : Расчет конструкций оболочкового типа	53
Приложения.....	2
Приложение А	2
Приложение Б	3
Приложение Г	8
Приложение Д	9
Приложение Е	11
Приложение Ж	13

Общие указания по проведению практических работ по МДК 02.01 «Основы расчета и проектирования сварных конструкций»

Главной целью проведения практических работ является закрепление теоретических знаний получаемых студентами на лекционных занятиях и при выполнении домашних заданий. На практических занятиях необходимо научить студентов решению типовых задач по расчету и проектированию сварных конструкций.

Эта цель может быть достигнута только при выполнении следующих условий:

- каждое практическое занятие должно быть тщательно подготовлено;
- проводимое занятие должно соответствовать теоретической подготовке студентов, которые должны быть заранее осведомлены о цели практического занятия, требуемых результатах и форме отчетности о выполнении практической работы;
- практические занятия проводятся в обычном кабинете. Студенты должны иметь калькуляторы для вычислений и должны быть обеспечены Приложениями для практического занятия;
- прежде чем дать задачу для решения студентами самостоятельно, преподаватель должен подробно объяснить как решаются типовые задачи по данной теме, ответить на вопросы студентов;
- после проведения практического занятия студенты должны сдать отчеты.

Отчеты должны предоставляться преподавателю каждым студентом в отдельной тетради для практических работ

- условие задачи со своими данными по варианту;
- чертеж или рисунок к данной задаче;
- решение задачи;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Практическая работа №1

Тема: Определение вида стали по обозначению ее марки. Выбор проката для различных видов.

1. Закрепить знания по условному обозначению марок простых и легированных сталей согласно ГОСТ;
2. Закрепить знания по определению основных свойств сталей в соответствии с маркировкой и химическим составом
3. Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть

В России и странах СНГ принята буквенно-цифровая система, согласно которой цифрами обозначается содержание элементов стали, а буквами — наименование элементов.

Буквенные обозначения применяются также для указания способа раскисления стали «КП — кипящая сталь, ПС — полуспокойная сталь, СП — спокойная сталь».

Конструкционные стали обыкновенного качества нелегированные

(ГОСТ 380-94) обозначают буквами СТ., например, СТ. 3. Цифра, стоящая после букв, обозначает марку стали.

Конструкционные нелегированные качественные стали (ГОСТ 1050-88)

Качественные углеродистые стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05; 08; 10; 25; 40 и т.д. Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание Mn (14Г; 18Г и т.д.).

Качественные стали для производства котлов и сосудов высокого давления, согласно ГОСТ 5520-79, обозначают как конструкционные нелегированные стали, но с добавлением буквы К (например, 20К).

Конструкционные легированные стали, согласно ГОСТ 4543-71, обозначают буквами и цифрами. Цифры после каждой буквы обозначают примерное содержание соответствующего элемента, однако при содержании легирующего элемента менее 1,5% цифра после соответствующей буквы не ставится. Качественные дополнительные показатели пониженного содержания примесей типа серы и фосфата обозначаются буквой — А или Ш, в конце обозначения, например (12 Х НЗА, 18ХГ-Ш) и т. п.

Стали подшипниковые, согласно ГОСТ 801-78, обозначаются также как и легированные, но с буквой Ш в конце наименования. Следует заметить, что для сталей электрошлакового переплава буква Ш обозначается через тире (например, ШХ 15, ШХ4-Ш).

Стали инструментальные нелегированные, согласно ГОСТ 1435-90, делят на качественные, обозначаемые буквой У и цифрой, указывающей среднее

содержание углерода в десятых долях процента (например, У7, У8, У10) и высококачественные, обозначаемые дополнительной буквой А в конце наименования (например, У8А) или дополнительной буквой Г, указывающей на дополнительное увеличение содержания марганца (например, У8ГА).

Стали инструментальные легированные

согласно ГОСТ 5950-73, обозначаются также как и конструкционные легированные (например, 4Х2В5МФ и т. п.).

Стали быстрорежущие в своем обозначении имеют букву Р (с этого начинается обозначение стали), затем следует цифра, указывающая среднее содержание вольфрама, а затем буквы и цифры, определяющие массовое содержание элементов. Не указывают содержание хрома, т. к. оно составляет стабильно около 4% во всех быстрорежущих сталях и углерода, т. к. последнее всегда пропорционально содержанию ванадия. Следует заметить, что если содержание ванадия превышает 2,5%, буква Ф и цифра указываются (например, стали Р6М5 и Р6 М5Ф3).

Стали нержавеющей стандартные, согласно ГОСТ 5632-72, маркируют буквами и цифрами по принципу, принятому для конструкционных легированных сталей (например, 08Х18Н10Т или 16Х18Н12С4ТЮЛ).

Автоматные стали маркируются буквой А (А12, А30 и т.д.).

Таблица обозначений легирующих элементов

Наименование	Химический элемент	Обозначение
Хром	Cr	Х
Кремний	Si	С
Титан	Ti	Т
Медь	Cu	Д
Вольфрам	W	В
Марганец	Mn	Г
Ванадий	W	Ф
Бор	B	Р
Азот	N	А
Никель	Ni	Н
Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М
Ниобий	Nb	Б
Селен	Se	Е
Цирконий	Zr	Ц
Алюминий	Al	Ю

Многообразие современного металлопроката позволяет применять его для строительства разнообразных конструкций. Они широко используются в промышленной, дорожной сфере. Не меньшую популярность такие изделия получили и в быту. Но качество готовых металлоконструкций во многом зависит от качества выбранного проката и аккуратности проводимых сварочных работ.

Основные виды металлопроката: характеристики и отличия

Сортовой и фасонный прокат в основном используется для создания прочных каркасов. Листовой применяется для обшивки заготовленных оснований.

К отдельной категории относятся изделия из нержавеющей стали. Благодаря повышенной прочности и надежности они могут быть использованы для создания специальных конструкций, подвергающихся наиболее агрессивному внешнему воздействию. Для получения долговечных элементов при производстве проката добавляются разнообразные вещества, позволяющие усилить одну из характеристик изделия: гибкость, устойчивость к коррозии, прочность. От полученных физико-химических свойств зависит сфера использования элементов. Использование металлопроката для создания конструкций позволяет получить надежные и прочные основания для последующего строительства. Также немалую роль играют изделия в создании отдельных элементов интерьеров и экстерьеров (например, ограждения, лестницы). При этом применение изделий не имеет ограничений: они подходят и для решения бытовых нужд, и для создания объектов промышленного назначения. Изготавливают из металлопроката следующие виды металлоконструкций:

1. Каркасы козырьков, навесов, беседок.

Благодаря повышенной устойчивости к воздействию влаги, ультрафиолета и атмосферного давления изготовленные конструкции будут обладать долгим сроком службы. К основаниям могут прикрепляться разнообразные материалы: от обычного шифера до поликарбоната или профлиста. Каркасы выдерживают значительные нагрузки.

2. Сельскохозяйственные и промышленные ангары, гаражи.

Благодаря легкости сборки металлоконструкций для сооружения высоких построек ангарного типа, могут быть созданы разнообразные гаражи, склады и хранилища. Сварка отдельных стенок-каркасов производится обычно на заводе. Дальнейшая сборка конструкции осуществляется непосредственно на месте монтажа. Это позволяет оптимизировать транспортировку и получать любые по размерам и формам объекты.

3. Мосты и опоры в дорожном строительстве.

Переезды между отдельными участками, над реками, сложные дорожные развязки строятся только с применением надежных металлоконструкций. Они обеспечивают устойчивость и надежность возводимого объекта. На установленные конструкции укладываются бетонные блоки, а в дальнейшем проводится строительство дороги.

4. Опоры для линий электропередач.

Прочный каркас обеспечивает надежность поддержки линий электропередач. Для изготовления таких конструкций используются особо прочный металлопрокат, отличающийся повышенной устойчивостью к воздействию влаги, атмосферного давления. При установке нижняя часть конструкции глубоко погружается в землю и дополнительно заливается бетоном. Это позволяет придать ей требуемую устойчивость.

5. Ограждающие элементы.

В основном в качестве основы для ограждений и заборов применяются трубы или квадраты. К ним привариваются поперечные трубы, а далее проводится

прикрепление самого материала забора. Не меньшей популярностью пользуется металлопрокат и при производстве разных видов ворот: откатных, распашных. Все указанные конструкции изготавливаются с использованием разных типов металлопроката. Определяется оптимальный вид согласно требуемой прочности, устойчивости готового объекта. Например, мосты должны изготавливаться из специального стального проката, который не разрушается от постоянного воздействия воды. Легкие металлы применяются для строительства небольших навесов или козырьков: минимальная нагрузка на элементы не требует использования особо прочных компонентов.

Задание 1.1

1. Прочитайте краткие теоретические сведения.
2. Классификация металлопроката.
3. Основные виды металлопроката: характеристики и отличия.
4. Перечертите таблицу № 1 на чистый лист бумаги.
5. Перепишите из таблицы №1 столбец варианта, заданного преподавателем (5 позиций).

Таблица № 1 Вариант 1
Расшифровка марок сталей

№ п.п	Марка стали	Расшифровка заданных марок сталей
1	ВСт1кп	
2	Ст20	
3	У7	
4	А12	
5	08Х18Н10Т	

Таблица № 1 Вариант 2
Расшифровка марок сталей

№ п.п	Марка стали	Расшифровка заданных марок сталей
1	ВСт0	
2	Ст50	
3	У8А	
4	А40Г	
5	18ХГ-Ш	

Таблица № 1 Вариант 3
Расшифровка марок сталей

№ п.п	Марка стали	Расшифровка заданных марок сталей
1	ВСт2кп	ВСт0
2	Ст35сп	60Г
3	У11	У13А
4	А20	А30
5	12Х2Н4А	03 Х17 Н13 М2

Таблица № 1 Вариант 4
Расшифровка марок сталей

№ п.п	Марка стали	Расшифровка заданных марок сталей
1	БСт0	
2	60Г	
3	У13А	
4	А30	
5	03 Х17 Н13 М2	

Таблица № 1 Вариант 5
Расшифровка марок сталей

№ п.п	Марка стали	Расшифровка заданных марок сталей
1	Ст2	
2	75Г	
3	У10Г	
4	К18	
5	12 Х НЗА	

Таблица № 1 Вариант 6
Расшифровка марок сталей

№ п.п	Марка стали	Расшифровка заданных марок сталей
1	ВСт4кп	
2	08кп	
3	У12А	
	К22	
	4Х2В5МФ	

Здание 1.2

Контрольные вопросы

1. В соответствующей графе позиции таблицы № 1 расшифруйте условное буквенное и цифровое обозначение заданных марок сталей.
2. Укажите два наименования деталей автомобиля, изготовленных из заданных марок сталей.
3. Письменно ответьте на контрольные вопросы
4. Как классифицируются стали по химическому составу, качеству и назначению?
5. Как влияет различное содержание углерода в углеродистой стали на ее механические свойства
6. Для чего вводят в стали легирующие элементы?

Практическая работа №2

Виды сварных соединений . Типы сварных швов

Цель работы:

Научиться классифицировать сварные швы на чертежах, знать как распределяются нагрузки в сварном соединении.

Оборудование и материалы :

Набор образцов сварных соединений, выполненных различными видами сварки

Описания, чертежи схемы и необходимые справочные материалы.

Ход работы:

Прочитать вводную часть к практическому занятию

Получить от преподавателя образец сварного соединения

Начертить схему полученного сварного соединения

Обозначить сварное соединение на схеме в соответствии с действующей нормативной документацией

Краткая информация по теории

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

СВАРКА - процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений устанавливает ГОСТ 2.312 - 72 ЕСКД.

Сварной шов, независимо от способа сварки, изображают на чертеже соединения:

видимый - сплошной основной линией, невидимый - штриховой линией.

От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (рис. 1). При точечной сварке видимую одиночную сварную точку изображают знаком "+" (рис. 1) Невидимые одиночные точки не изображают.

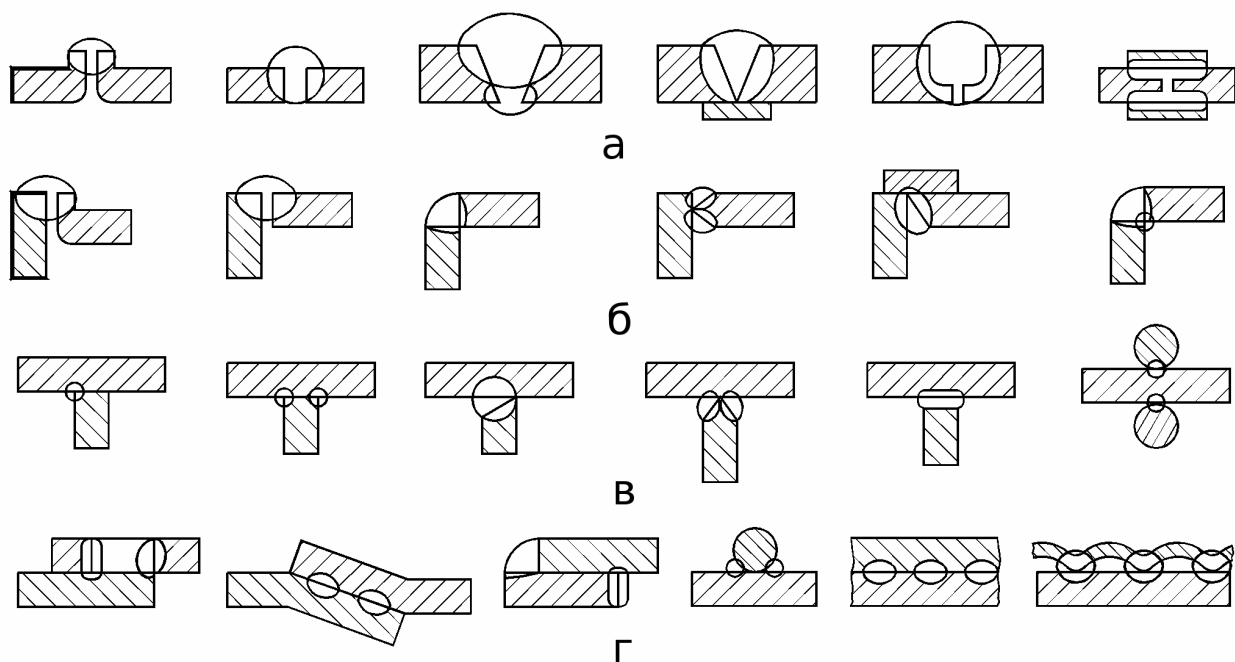


Рис. 1. Изображение сварных швов.

В зависимости от расположения свариваемых деталей различают следующие виды сварных соединений:

а) СТЫКОВОЕ, обозначаемое буквой С, при котором свариваемые детали соединяются своими торцами (рис. 2);

б) УГЛОВОЕ (У), при котором свариваемые детали располагаются под углом, чаще всего - 90 градусов, и соединяются по кромкам (рис. 2);

в) ТАВРОВОЕ (Т), при котором торец одной детали соединяется с боковой поверхностью другой детали (рис. 2);

г) НАХЛЕСТОЧНОЕ (Н), при котором боковые поверхности одной детали частично перекрывают боковые поверхности другой (рис. 2).

Кромки деталей, соединяемых сваркой, могут быть различно подготовлены под сварку в зависимости от требований, предъявляемых к соединению. Подготовка может быть выполнена: с отбортовкой кромок (рис. 2), без скоса кромок, со скосом одной кромки, с двумя скосами одной кромки, со скосами двух кромок (рис. 2). Скосы бывают симметричные и асимметричные, прямолинейные и криволинейные.

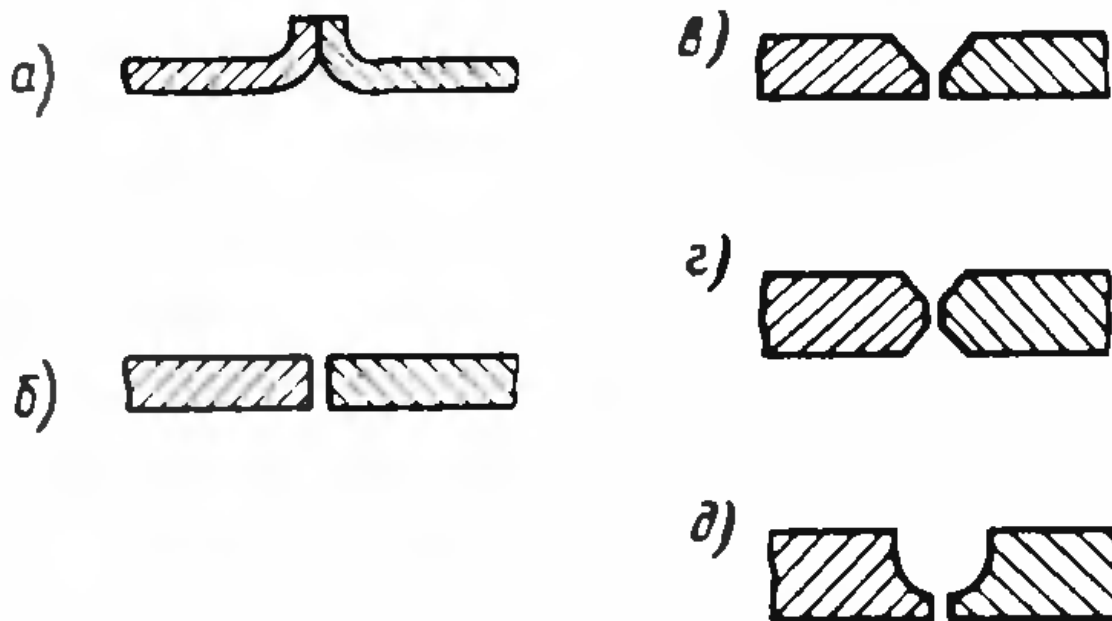


Рис. 2. Виды и структура сварных соединений.

Швы в поперечном сечении выполняются нормальными без усиления и с усилением величиной g (рис. 2) Тавровые, угловые и нахлесточные швы характеризуются величиной катета K треугольного поперечного сечения шва. В зависимости от формы шва, скоса кромок, величины усиления и катета стандартные сварные швы имеют следующие условные обозначения: С1, С2, С3, .., У1, У2, У3, .., Т1, Т2, Т3, .., Н1, Н2, Н3... .

По характеру расположения швы делятся на односторонние и двусторонние. Швы могут быть сплошные и прерывистые.

Прерывистые швы характеризуются длиной провариваемых участков l с шагом t . Прерывистые швы, выполненные с двух сторон, могут располагаться своими участками l в шахматном или цепном порядке.

На изображении сварного шва различают лицевую и обратную стороны. За лицевую сторону одностороннего шва принимают ту сторону, с которой производится сварка.

Лицевой стороной двустороннего шва с несимметричной подготовкой (скосом) кромок будет та сторона, с которой производят сварку основного шва.

Если же подготовка кромок симметрична, то за лицевую сторону принимают любую.

Изображение соединений при разных типах сварки

В зависимости от типа используемой сварочной технологии по-разному изображаются виды сварных швов и соединений, их обозначения на чертежах указаны в таблице.

Способ выполнения сварки	Как на чертеже показать сварку
Для изготовления конструкции используется сварка с применением автоматического аппарата. Выполняется под слоем флюса, предварительная проварка стыка не требуется. Подкладки или подушки в работе не используются	А
Сварка под флюсом с помощью автоматической установки с использованием специальной подушки с флюсовой основой	Аф
Соединение деталей должно происходить в среде инертного газа. Работы проводятся вольфрамовым тугоплавким электродом. Технология не требует использования дополнительного присадочного материала	ИН
Элементы соединяются вольфрамовым электродом посредством сварки в инертных газах с применением присадочного металла	ИНп
В среде инертного газа свариваются друг с другом детали с помощью плавящегося электрода	ИП
Сварочные работы проводятся в среде защитного газа, для этого используется углекислый газ	УП
Применять нужно газосварочную технологию	Г
Соединение элементов электродуговым методом	Э
Выполнять работы необходимо с применением защитного газа	З

Вспомогательные знаки

Обозначение сварки на чертеже будет неполным и непонятным без вспомогательных знаков. В таблице ниже приведены знаки вспомогательного характера, указано что каждый из них значит при нанесении на схему.

Таблица 2

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Ω	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
└	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
/	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением		
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
○	Шов по замкнутой линии		
≡	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

Правила нанесения обозначений и особенности их расшифровки

https://www.youtube.com/watch?v=XqQjZdN6UFw&feature=emb_logo

(Обозначение швов на чертеже, видео)

Выше уже упоминалось о том, как должно выполняться обозначение сварных соединений разных типов. На черту стыка указывает линия с направленной стрелкой, над или под которой наносятся надписи.

Существуют определенные правила, согласно которых должны наноситься все технические надписи. Маркировка сварных швов состоит из 9 взаимосвязанных между собой блоков. На фото ниже показана структура расположения маркировочных знаков.



Рис.3 -Обозначение сварного соединения на чертеже.

На фото показано как обозначается сварное соединение на чертеже на примере двухстороннего монтажного стыкового шва, выполняемого ручной дуговой сваркой:

В первой колонке изображен вспомогательный знак. Это контур замкнутого шва, определяющий выдвигаемые к элементу монтажные условия.

Второй блок содержит код межгосударственного стандарта, в соответствии которого должны осуществляться работы по свариванию металлоконструкции.

Третья колонка - это маркировка (обозначение) сварного шва на чертеже.

Далее изображен дефис, который на подкатегории разделяет все последующие позиции.

Буквы в пятом блоке указывают на технологию, по которой выполняются сварочные работы. Обязательно к заполнению эта позиция не является.

В шестой колонке содержится величина углового катета, величина его указана в миллиметрах.

Седьмой блок: дополнительное обозначение - прерывистый сварной шов, интервал шага, цепное или шахматное расположение и т. д.

В восьмом блоке изображаются вспомогательные знаки, указывающие на тип обработки.

Последняя девятая колонка - это показатели чистоты поверхности стыкового соединения. Указывается в случаях, когда после сварочного процесса необходима механическая обработка изделия.

Это приведено стандартное обозначение сварных швов на чертежах, примеры обозначения некоторых уже выполненных соединений приведены ниже.

Пример 1

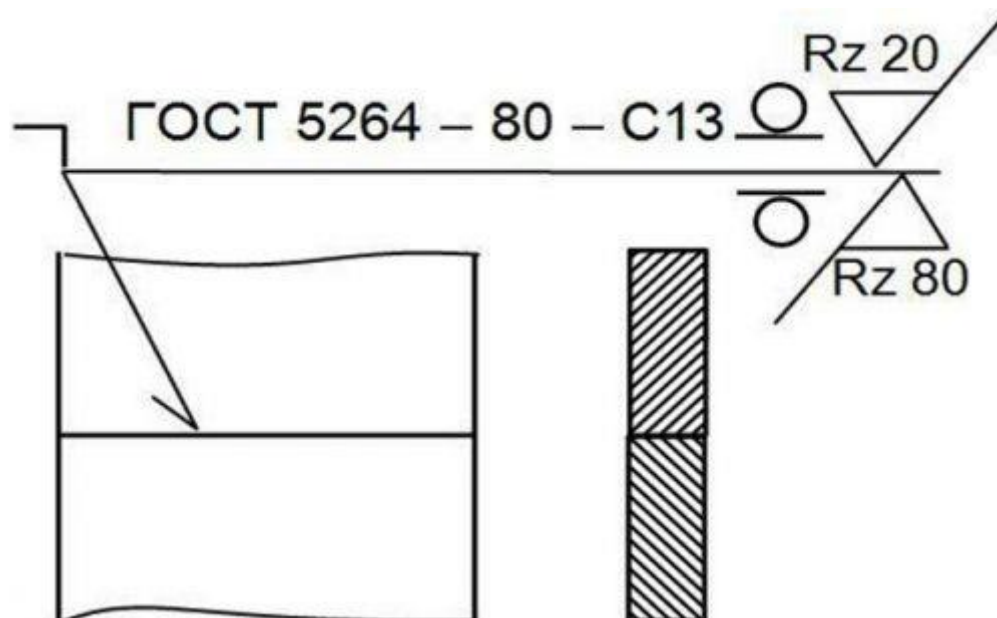


Рис. 4

Представленное на рис. 4 условное обозначение сварного шва расшифровывается следующим образом:

знак \perp говорит о том, что непосредственно на месте монтажа после подгонки элементов следует осуществлять их соединение;

ГОСТ 5264-80 - это номер регламентирующего документа, в данном случае он указывает на то, что с помощью электродуговой сварки выполнен стык;

C13 - значит, что в стыковом соединении на одном скосе изогнутая фаска;

знак \ominus указывает что с двух сторон шва осуществлено снятие внутреннего термического напряжения (усилия);

Rz20 - показатель чистоты поверхности лицевой стороны, Rz80 - обратной стороны.

Пример 2



Рис.5 Шов, выполненный автоматической дуговой сваркой.

Здесь изображен выполненный автоматической дуговой сваркой (А) по замкнутой линии под флюсом (ГОСТ 11533-75) двусторонний (У2) угловой шов без скоса кромок.

Пример 3

С тыльной стороны создан стык.

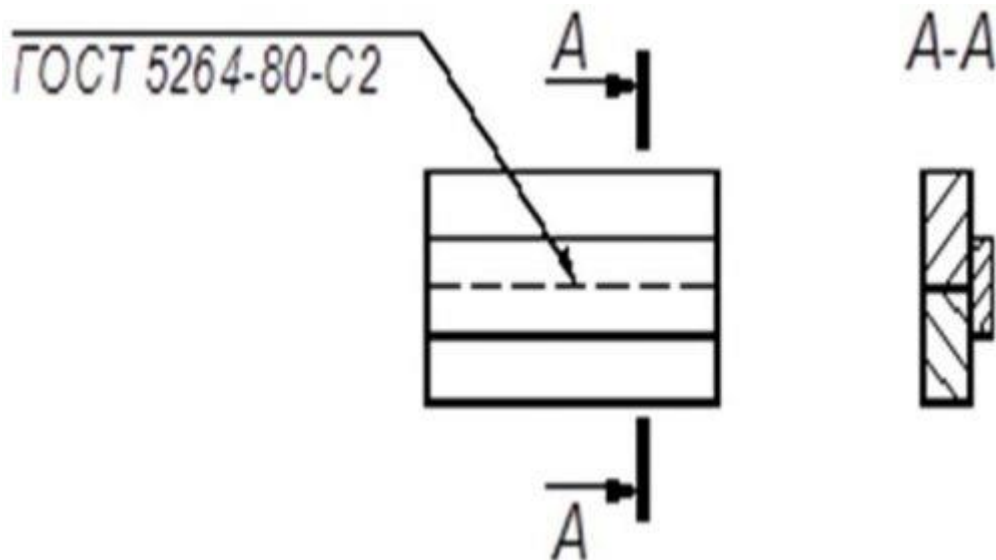


Рис.5- Соединение с применением электродуговой сварки.

Соединение выполнено с применением электродуговой сварки по ГОСТу 5264-80. Шов односторонний с загибом края, контур разомкнутый.

Пример 4

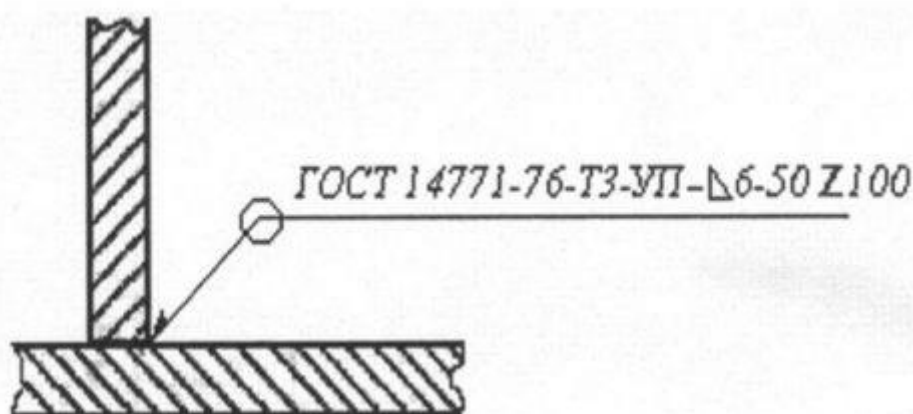


Рис.6 Кольцевое варочное соединение

контур стыковки элементов сплошной, выполнен в форме кольца;

в газовой среде осуществлена сварка, ГОСТ 17771-76;

стык тавровый (ТЗ), выполнена обработка каждой его стороны без разделки кромок;

в качестве газовой среды использована окись углерода (УП) газообразной консистенции, электрод - расплавляемый;

6 мм составляет длина катета стыкового соединения;

в шахматном порядке (Z) периодически создается сплошной проваренный участок длиной 50 мм и с шагом 100 миллиметров.

Пример 5

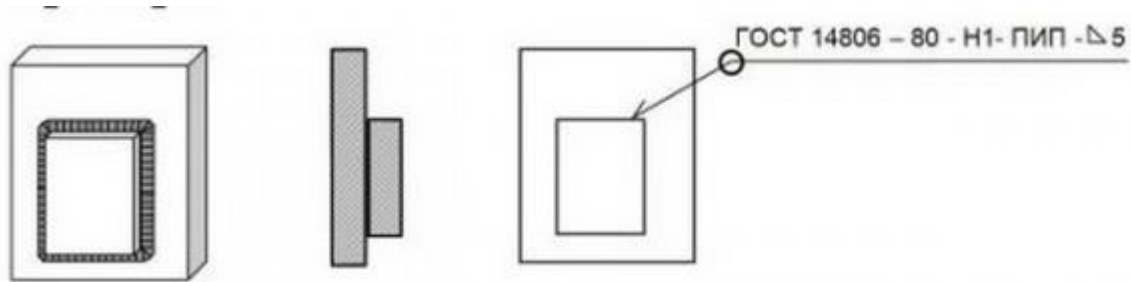


Рис.7 Дуговая полуавтоматическая сварка, чертеж

Для выполнения шва применена дуговая полуавтоматическая сварка, чертеж обозначает что шов односторонний (Н1), созданный плавящимся электродом внахлестку без скоса кромок в среде защитных газов. Шов круговой (○), выполнен по замкнутой линии, 5 мм ($\Delta 5$) составляет дина катета.

Если на чертеже содержится несколько одинаковых соединительных стыков, то только на одном из них наносится условное обозначение. К остальным швам в местах, где должно быть обозначение указываются только их порядковые номера. При этом количество одинаковых соединений указывается на линии-выноске, как показано на примере ниже.



Рис.8 Обозначение одинаковых соединительных стыков

Одинаковыми стыковые соединения считаются в случаях, когда:

разновидности стыков и размеры элементов являются одинаковыми при сравнении их поперечного сечения;

одинаковые требования выдвигаются ко всем соединениям.

Когда для сварочного стыка установлена категория его контроля либо контрольный комплекс, то только под линией выноской должно наноситься условное обозначение.

Задание2.1:

- 1) Посмотреть видео «Условные изображения и обозначения швов сварных соединений» пройдя посылке

https://www.youtube.com/watch?v=XqQjZdN6UFw&feature=emb_logo

- 2) Выполнить задание:

Дано: Соединение выполнено ручной дуговой сваркой.

Необходимо:

1. Правильно написать обозначение сварного шва. При выполнении работы пользоваться ГОСТ и материалами видео (см. выше).
2. Задание выполнить в тетради с вычерчиванием эскиза чертежа на отдельном листе формата А4.
3. Ответить письменно на контрольные вопросы.
4. Написать вывод по практическому занятию.

Обозначить сварные швы на чертеже

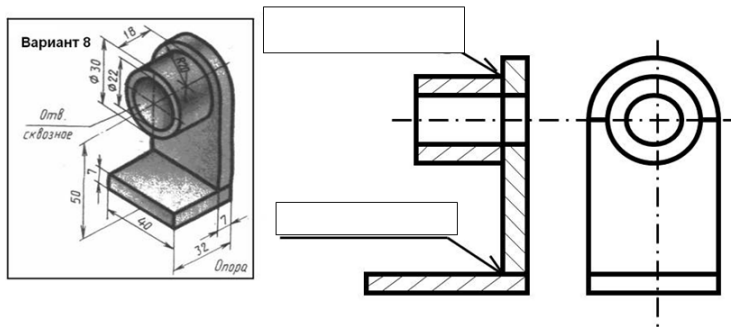


Рис. 9 Эскиз к заданию 2.1

Задание 2.2

Ответить письменно на контрольные вопросы, результаты занести в таблицу 3

Контрольные вопросы:

1. Прочитать основную надпись чертежа .(рис 10)
2. Расшифровать условное обозначение сварных швов.

Таблица 3. - Ответы на контрольные вопросы

Вопрос	Ответ
Прочитать основную надпись чертежа	
Расшифровать условное обозначение сварных швов.	

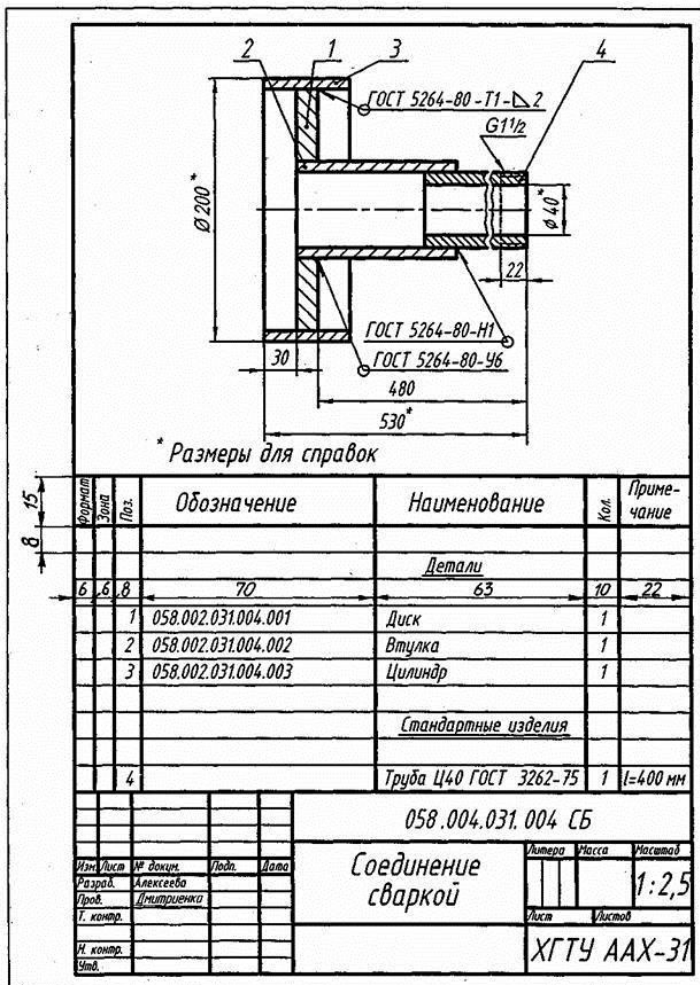


Рис 10. Чертеж детали (задание 2)

Практическая работа №3

Тема: Расчет стыковых, угловых соединений на растяжение, сжатие, срез, изгиб.

Цель: Научиться рассчитывать стыковые и угловые сварные соединения на растяжение, сжатие, срез, изгиб.

Задание: Решить задачи по вариантам. Сделать вывод по условию задачи. Ответить на контрольные вопросы. Написать отчет.

Задача 3.1

Определить продольную силу N , которую может выдержать тяга. Размер поперечного сечения тяги $b \times s$, мм. Материал – сталь. Сварка двусторонняя ручная дуговая с полным проваром, контроль качества сварки – визуальный.

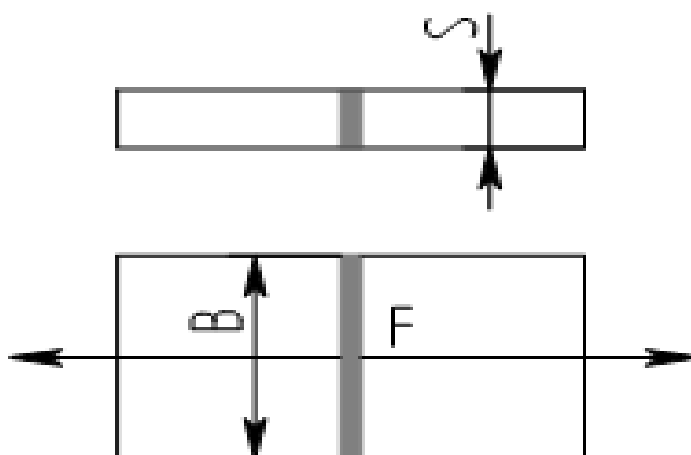


Рисунок 1 – Стыковой сварочный шов

Таблица 1 - Варианты заданий для задач 3.1 и 3.2

Вариант	Марка стали	Толщина S , мм	Ширина b , мм	Момент Кнм
1	ВСт3кп2	10	300	24
2	ВСт3пс6	12	200	20

3	ВСтЗсп5	20	150	32
4	09Г2	20	100	30
5	09Г2	25	120	16
6	09Г2С	8	200	35
7	09Г2С	12	150	18
8	09Г2С	24	100	36
9	16Г2АФ	22	150	22
10	16Г2АФ	40	200	40
11	ВСтЗкп2-1	15	200	12
12	ВСтЗпс6-1	18	100	25
13	ВСтЗсп5-2	12	150	30
14	ВСтЗсп5-1	16	120	34
15	ВСтЗпс6-2	14	140	50
16	09Г2	25	120	16
17	09Г2С	8	200	35
18	09Г2С	12	150	18
19	ВСтЗпс6	12	200	20
20	ВСтЗсп5	20	150	32

Методические указания по решению задачи №3.1

1. Определить расчетные сопротивления стали и сварного соединения, используя данные Приложения Д.

Для листовой стали заданной марки _____; толщиной – S; расчетное сопротивление $R_y = \underline{\hspace{2cm}}$ МПа; для сварного стыкового соединения $R_{wy} = \underline{\hspace{2cm}}$ Мпа; Для определения расчетного сопротивления используем Приложение Д.

2. Расчетную длину сварного шва L_w , мм, определяют по формуле

$$L_w = b - s$$

3. Продольную силу N, кН, определяют по формуле

$$\sigma_w = \frac{N}{S \min L_w} < R_{wy} \gamma_c$$

$$N = R_{wy} \cdot \gamma_c \cdot S \min L_w,$$

где γ_c - коэффициент надежности по назначению (найти из Приложения А)

s_{\min} – толщина наиболее тонкого из соединяемых элементов.

Задача 2.2

На стыковое соединение листов, с разметами поперечного сечения $b \times s$, мм действует момент – M , кНм. Материал- сталь. Сварка механизированная в углекислом газе, контроль качества сварки – рентгеновский. Произвести проверочный расчет соединения.

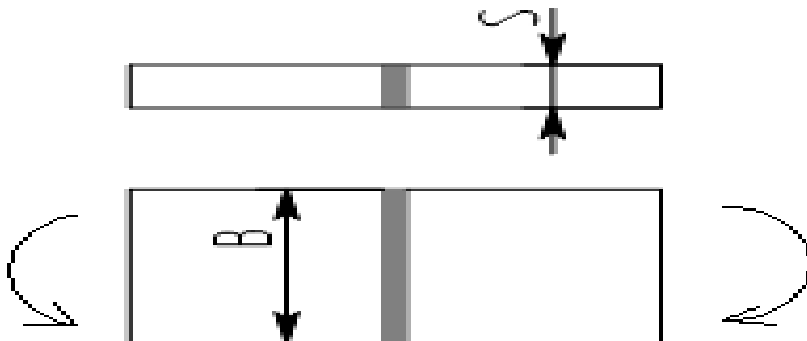


Рисунок 2 – Действие момента на стыковое соединение

Методические указания для решения задачи 3.2:

Для листовой стали заданной марки используя Приложение Д, определяют расчетное сопротивление растяжению на изгиб **R_y МПа**, при заданных условиях расчетное сопротивление для сварного соединения **R_{wy} МПа**.

Коэффициент условий работы γ_c определяют из Приложения А.

Расчетную длину шва L_w , мм, определяют по формуле

$$L_w = b - s$$

Нормальное напряжение σ , МПа, определяют по формуле

$$\sigma = \frac{6M}{S_{\min} \cdot L_w^2} \leq R_{wy} \cdot \gamma_c$$

Задача 3.3

Рассчитать сварное соединение уголка с косынкой при действии силы F по данным таблицы. Соединение следует сконструировать равнопрочным основному элементу. Недостающие данные принять самостоятельно.

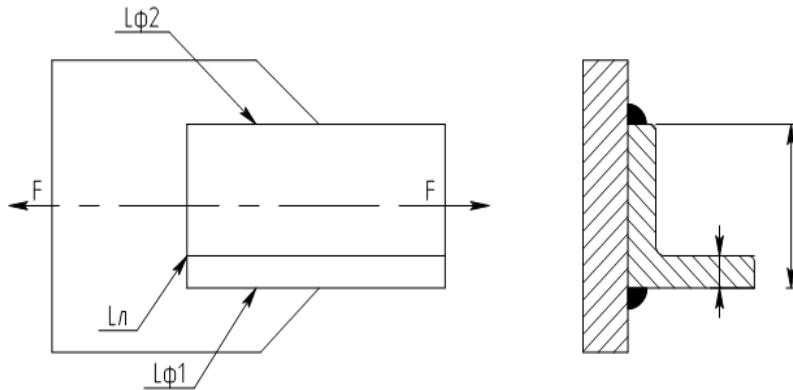


Рисунок 3 – Уголок, приваренный к косынке

Таблица 2 - Варианты заданий для задачи 3.3

Вариант	Материал уголка	Тип электрода	Нагрузка, F кН	Способ сварки
1	16ГС	Э42	110	Ручная
2	Ст4кп	Э42А	105	Автоматическая
3	09Г2С	Э46	100	Механизированная
4	Ст3кп	Э46А	95	Ручная
5	Ст3пс	Э50	90	Автоматическая
6	14Г2	Э50А	85	Механизированная
7	Ст2пс	Э42	80	Ручная
8	Ст2сп	Э42А	75	Автоматическая
9	Ст3кп	Э50	70	Механизированная
10	Ст3пс	Э50А	65	ручная
11	09Г2	Э42	100	Автоматическая

12	14Г2	Э46А	110	Механизированная
13	Ст3кп	Э46	115	Ручная
14	Ст3пс	Э42А	90	Автоматическая
15	Ст3сп	Э42	95	механизированная

Алгоритм решения задачи № 3.3.

1. Необходимую площадь поперечного сечения равнополочного уголка. A , мм^2 , определяют по формуле

$$A = \frac{F}{[\sigma]_p},$$

где $[\sigma]_p$ - допустимое напряжение для материала уголка,

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{[n]},$$

где $[n]$ – коэффициент запаса прочности равен 1,4...1,6

σ_T - предел текучести

2. По ГОСТ 8509-72 – выбирают форму уголка по площади сечения.
Приложение В

3. Усилие, воспринимаемое любым швом F_n , кН, определяют по формуле

$$F_n = [\tau'] \times \beta \times K_l \times L_l$$

где $[\tau']$ - допускаемое напряжение на срез материала шва

β - коэффициент зависящий от способа сварки;

K_l - катет лобового шва, мм;

L_l - длина лобового шва, мм.

Принимают β равным:

$\beta = 0.7$ для ручной сварки,

$\beta = 0.8$ для механизированной сварки

$\beta = 0,9$ для автоматической сварки

Принимают K_l равным толщине полки уголка

$$K_l = d$$

Принимают L л равной ширине полки уголка b .

4. Усилие F_ϕ , кН, передаваемое фланговыми швами, определяют по формуле

$$F_\phi = F - F_l$$

5. Усилие $F_{\phi 1}$, кН, передаваемое швом – 1 определяют по формуле

$$F_{\phi 1} = 0,7 \times F_\phi$$

Катет шва K_ϕ принимают равной толщине полки уголка по ГОСТ 8509-72.

Требуемую длину шва $L_{\phi 1}$, мм, определяют по формуле

$$L_{\phi 1} = \frac{F_{\phi 1}}{[\tau'] \times \beta \times K_\phi},$$

где $[\tau']$ – допускаемое напряжение на срез материала шва

$$[\tau'] = (0,5 \div 0,6) \cdot [\sigma_p]$$

6. Усилие $F_{\phi 2}$, мм, передаваемое швом 2, определяют по формуле

$$F_{\phi 2} = 0,3 F_\phi$$

7. Длину шва $L_{\phi 2}$, мм, определяют по формуле

$$L_{\phi 2} = \frac{F_{\phi 2}}{[\tau] \times \beta \times K_{\phi}}$$

Задача 3.4

Определить требуемые длины фланговых швов для крепления двух тяг из равнобокого углового профиля с косынкой при действии силы F. Соединение следует сконструировать равнопрочным основному элементу. Недостающие данные принять самостоятельно.

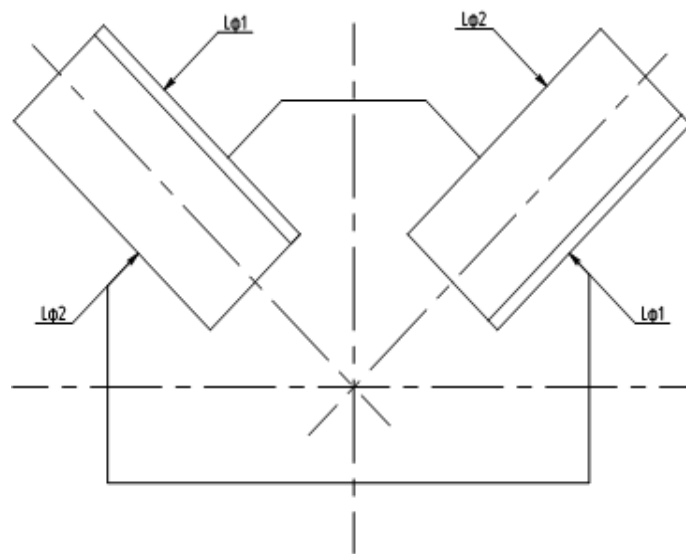


Рисунок 4 – Крепление двух уголков к косынке

Таблица 3 - Варианты заданий для задачи 3.4

Вариант	Материал	Нагрузка F, кН	Способ сварки
1	09Г2	500	Автоматическая

2	14Г2	400	Механизированная
3	09Г2С	300	Ручная
4	ВСт5пс	250	Автоматическая
5	ВСт5сп	200	Механизированная
6	ВСт4пс	150	Ручная
7	ВСт4сп	100	Автоматическая
8	ВСт2сп	90	Механизированная
9	ВСт2пс	80	Ручная
10	ВСт3кп	100	Автоматическая

Продолжение таблицы 3

11	ВСт3сп	120	Механизированная
12	09Г2	150	Ручная
13	09Г2С	350	Автоматическая
14	14Г2	280	Механизированная
15	ВСт5сп	180	Ручная

Алгоритм решения задачи 3.4.

1. Определить усилия в каждой тяге N , для этого необходимого составить уравнение проекций всех сил на вертикальную ось OY .

$$Y = 0$$

2. Для заданного материала уголка определить допускаемое напряжение.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[k]},$$

где σ_T - предел текучести

$[k]$ - требуемый коэффициент запаса прочности

$$[k] = 1.3 \dots 1.5$$

3. Необходимую площадь поперечного сечения уголка A , см^2 , определяют по формуле

$$A = \frac{F}{[\sigma]_p}$$

Номер уголка принимают по ГОСТ 8509-72. Смотри Приложение В.

4. Допускаемое напряжение на срез материала шва $[\tau']$ определяют по формуле

$$[\tau'] = (0.5 - 0.6) \cdot [\sigma]_p$$

5. Практикуют лобовой шов с катетом K_l равным толщине полки уголка.

Усилие F_l , кН, воспринимаемое лобовым швом, определяют по формуле

$$F_l = [\tau'] \times \beta \times K_l \times L_l$$

6. Усилие F_ϕ , кН, передаваемое фланговыми швами, определяют по формуле

$$F_\phi = N - F_l$$

7. Усилие $F_{\phi 1}$, кН, передаваемое швом -1, определяют по формуле

$$F_{\phi 1} = 0,7 \times F_\phi$$

Принимают катет шва $K_\phi = (K_l + 2 \dots 3 \text{мм})$.

Требуемую длину шва $L_{\phi 1}$, мм, определяют по формуле

$$L_{\phi 1} = \frac{F_{\phi 1}}{[\tau'] \times \beta \times K_\phi}$$

8. Усилие $F_{\phi 2}$, кН, передаваемое швом 2, определяют по формуле

$$F_{\phi_2} = 0,3F_{\phi}$$

Длину шва L_{ϕ_2} , мм, определяют по формуле

$$L_{\phi_2} = \frac{F_{\phi_2}}{[\tau'] \times \beta \times K_{\phi}}$$

Задача 3.5

Стержень, выполненный из двух швеллеров, приваренных к косынке комбинированным швом. Определить длину фланговых швов, обеспечивающих равнопрочность стержня со швами. Допускаемое напряжение для материала швеллера $[\sigma]_p = 160 \text{ МПа}$, для сварных швов $[\tau] = 100 \text{ МПа}$

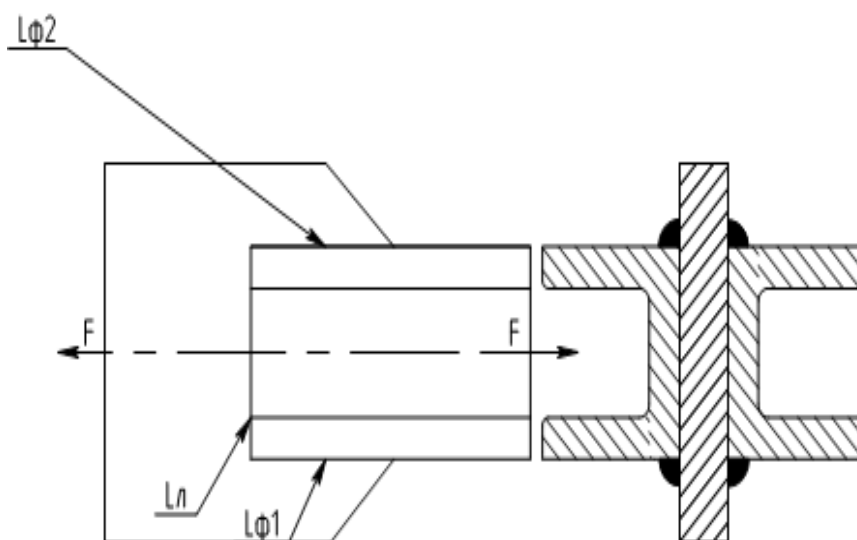


Рисунок 5 – Стержень из двух швеллеров, приваренный к косынке

Таблица 4 - Варианты заданий для задачи 3.5

№	№ швеллера	Тип электрода	Способ сварки
1	12	Э42	Автоматическая
2	14	Э42А	Механизированная
3	16	Э46	Ручная
4	18	Э46А	Автоматическая
5	18а	Э50	механизированная
6	20	Э50А	Ручная
7	20а	Э42	Автоматическая
8	22	Э42А	Механизированная
9	22а	Э46	Ручная
10	24	Э46А	Автоматическая

Алгоритм решения задачи 3.5

1. Допускаемое растягивающее усилие F , кН, передаваемое на косынку, определяют по формуле

$$F = [\sigma] p \times A ,$$

где A - площадь равна двум площадям швеллера, мм².

Площадь швеллера определяют по таблице. Смотри Приложение Е.

2. Проектируют лобовой шов с катетом K_l равный толщине стенке швеллера.

3. Усилие F_l , кН, передаваемое на лобовой шов, определяют по формуле

$$F_l = 2 \times [\tau'] \times \beta \times K_l \times L_l ,$$

где L_l - длина лобового шва, мм.

Принимают L_l равной высоте швеллера h .

4. Остальная часть усилия.

Усилия F_ϕ , кН, передаваемые на фланговые швы, определяют по формуле

$$F_\phi = F - F_l$$

Принимают катет фланговых швов $K_\phi = K_l + (2 \dots 3)$ мм

5. Требуемую длину фланговых швов L_ϕ определяют по формуле

$$L_\phi = \frac{F_\phi}{\beta \times K_\phi \times [\tau']}$$

6. Длину одного флангового шва $L_{\phi 1}$, мм, определяют по формуле

$$L_{\phi 1} = \frac{L_\phi}{4}$$

7. Принимают $L_{\phi 1} = \underline{\hspace{2cm}}$ (округляем до целого числа)

Задача 3.6

Рассчитать соединение, выполненное точечной сваркой, находящееся под действием силы F по данным таблицы.

Допускаемое напряжение на срез сварной точки - $[\tau_o'] = 90$ МПа.

Произвести расстановку точек с учетом t_1, t_2, t_3 .

Таблица 5 – Варианты заданий к задаче 3.6

вариант	№	Нагрузка	вариант	№ швелл	Нагрузка

	швелл ера	ка F, кН		ера	F, кН
1	5	70	16	24	300
2	6,5	80	17	24a	350
3	8	90	18	27	400
4	10	100	19	30	450
5	12	150	20	33	460
6	14	160	21	36	450
7	14a	180	22	40	500
8	16	150	23	16	160
9	16a	200	24	16a	180
10	18	170	25	18	280
11	18a	180	26	18a	250
12	20	200	27	20	220
13	20a	210	28	20a	230
14	22	400	29	22	320
15	22a	350	30	22a	350

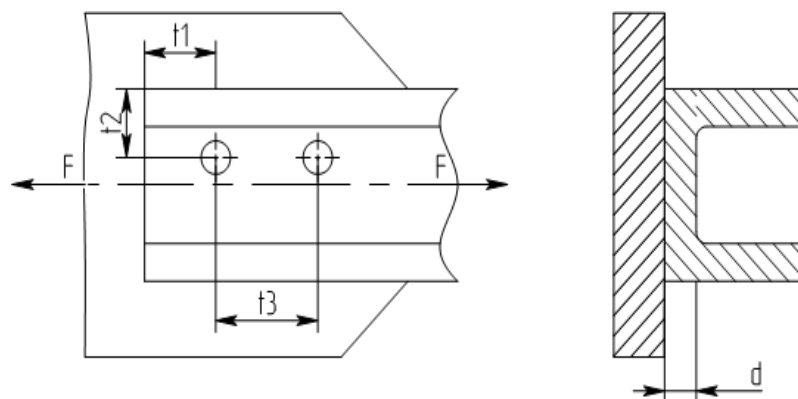


Рисунок 6 – Швеллер, приваренный к косынке точечной сваркой

Алгоритм решения задачи №3.6

При заданной конструкции сварные точки будут работать как односрезные.

1. Диаметр точки d , мм определяют по формулам:

$$d = 1.5 S + 5 \quad \text{при } S \geq 3 \text{ мм}$$

$$d = 1.2 S + 4 \quad \text{при } S = 1.5 \dots 3 \text{ мм}$$

где S - толщина свариваемого металла (толщина стенки швеллера), мм

2. Допускаемое усилие на одну точку F_1 , кН, определяют по формуле

$$F_1 = [\tau'_0] \times \frac{\pi d^2}{4},$$

где $[\tau'_0]$ - допускаемое напряжение на срез сварной точки.

$$[\tau'_0] = 0.4[\sigma]$$

3. Необходимое число точек, n , определяют по формуле

$$n = \frac{F}{F_1}$$

4. Учитывая диаметр и число точек, а также размеры швеллера выбирают наиболее рациональное число рядов расположения точек.

Шаг точек t определяют по формуле

$$t_3 = 3 \times d$$

Расстояние t_1 , мм, от центра точки до края швеллера в направлении действия силы, определяют по формуле

$$t_1 = 2 \times d$$

Расстояние t_2 , мм, от центра точки до кромки (обушка) швеллера

$$t_2 = 1.5 \times d$$

Некоторое уменьшение размера по сравнению с расчетным не имеет существенного значения, так как дополнительную прочность и жесткость конструкции придают полки швеллера.

Произвести расстановку точек, как показано на рисунке, с учетом размеров t_3 , t_1 , t_2 .

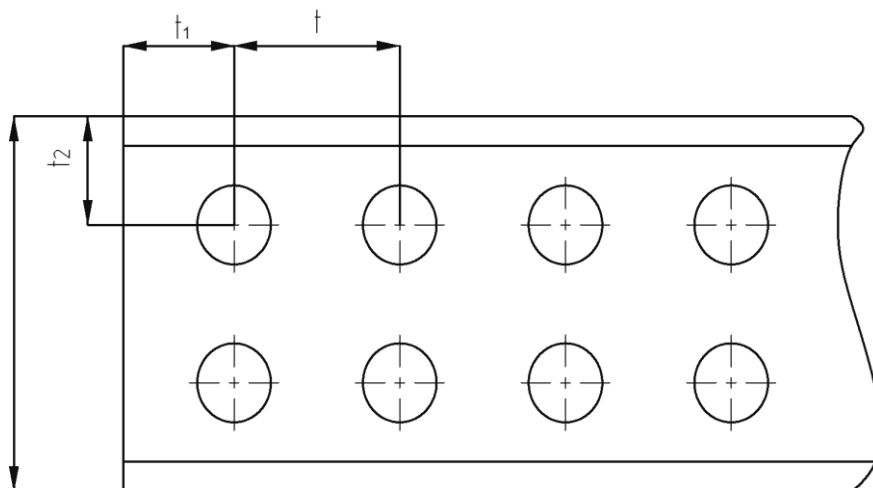


Рисунок 7 – Расстановка сварочных точек

Контрольные вопросы

1. Принцип расчета сварных соединений по предельным состояниям.
2. Принцип расчета по допускаемым напряжениям.
3. Какие швы называют рабочими и связующими?
4. Какие швы называют лобовыми?
5. какие швы называют фланговыми?
6. Принципы расчета угловых швов.
7. Принципы расчета сварных стыковых соединений.

Практическая работа № 4

Тема: Подбор сечения двутавровой балки

Цель: Научиться подбирать сечение сварной двутавровой балки.

Задание: Изучить материал по расчету балок. Решить задачу № 3.1.

**Сделать вывод по условию задачи. Ответить на контрольные вопросы.
Написать отчет.**

Прежде чем приступить к решению задачи, необходимо повторить материалы лекций по расчету сварных балок и повторить материал по учебнику Г.А.Николаев, В.А.Винокуров. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. «Высшая школа» 1990г.; Стр. 273-278.

Задача № 4.1

Подобрать сечение главной балки рабочей площадки. Ширина ячейки площадки – a , длина ее – L . На рабочую площадку действует равномерно распределенная нагрузка q_2 .

Настил площадки состоит из прокатных двутавров с шагом t , с уложенным по ним листом толщиной S . Балки настила опираются на главные балки.

Варианты для студентов даны после методических указаний.

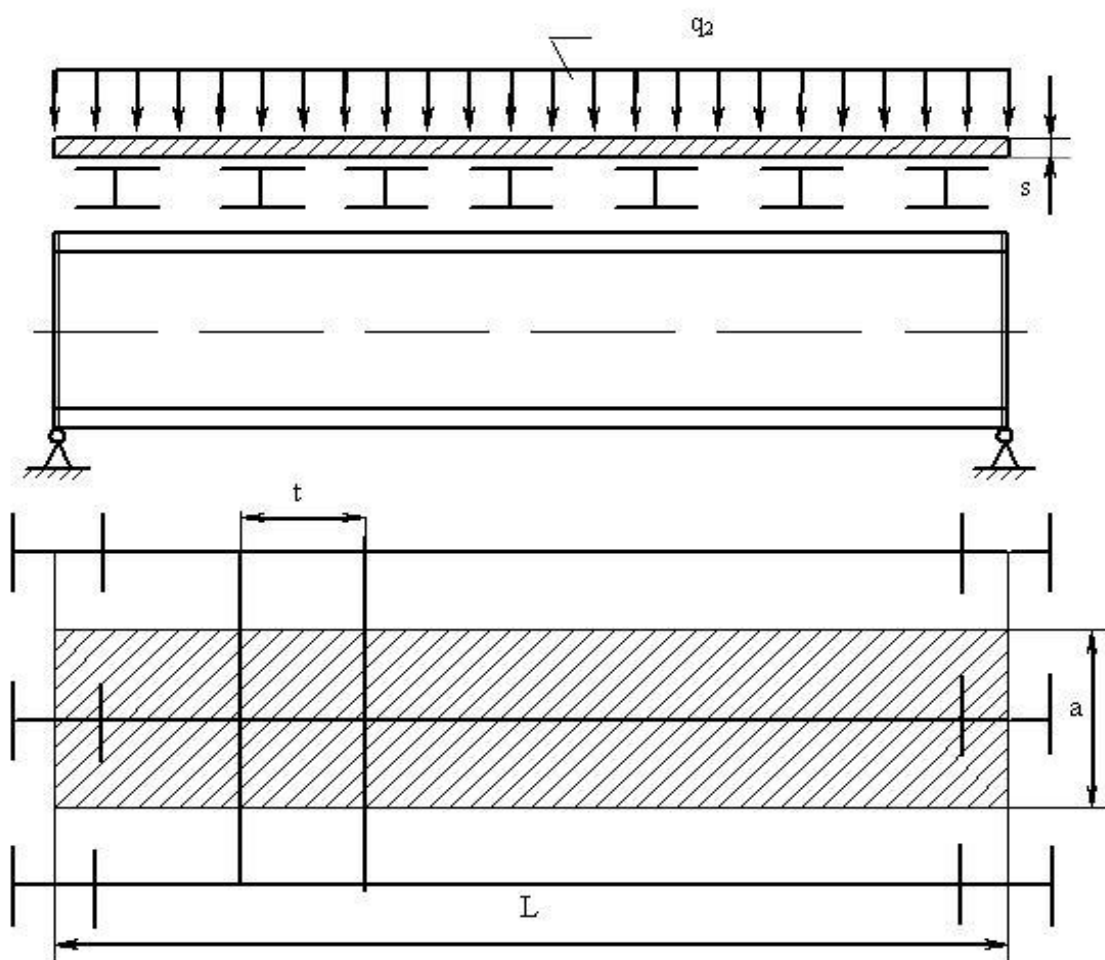


Рисунок 8 - Чертеж к задаче 4.1

Методические указания по решению задачи 4.1

1. Нормативную погонную нагрузку на балку q_H , МПа, определяют по формуле

$$q_H = q_2 + q'_1 + q_1,$$

где q_1 – нагрузка от собственной массы балок настила;

q'_1 - нагрузка от настила, кН/м.

Нагрузку балок настила q_1 , МПа, определяют по формуле

$$q_1 = \frac{G}{t} \times a,$$

где G - вес 1 пог. м. балки,

$$q'_1 = \gamma \times S \times a ,$$

где γ - удельный вес материала настила.

Принимают для стали $\gamma = 70,5 \text{ кН} / \text{м}^3$

2. Расчетную погонную нагрузку q_p , кН/м, определяют по формуле

$$q_p = [P_1 \times (q_1 + q'_1) + P_2 \times q_2],$$

где P_1 - коэффициент нагрузки для постоянной нагрузки;

P_2 - коэффициент нагрузки для временной нагрузки.

Принимают $P_1=1.1$ и $P_2=1.2$.

3. Составить расчетную схему балки, построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил от расчетной нагрузки

4. Высоту балки $h_{ж}$, мм, с учетом требований жесткости и прочности определяют по формуле

$$h_{жс} = \frac{5 \times [\sigma]_p \times l^2}{24 E \times f}$$

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_r}{[n]};$$

$$E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$$

5. Высоту балки h_H , мм, из условия ее наименьшей массы определяют по формуле

$$h_H = \left(1.3 \div 1.4 \sqrt{\frac{M_u}{S_b \times [\sigma]_p}} \right),$$

где M_u - изгибающий момент, ;

S_b – толщина вертикального листа.

Принимают $S_B = 5 \div 6 \text{ мм}$

$$S_B = \sqrt{\frac{h_{жк}}{12.5}}$$

Для дальнейшего расчета принять большее из двух полученных значений ($h_{жк}$, $h_{н}$)

Принимаем высоту балки – h .

Высоту вертикального листа h_B , мм, определяют по формуле

$$h_B = h - 2S_r,$$

где S_r – толщина горизонтального листа, мм.

Принимают $S_r = S_B + (2 \dots 5) \text{ мм}$.

6. Расчет сечения пояса балки

Требуемый момент сопротивления сечения балки $W_{тр}$, см^3 , определяют по формуле

$$W_{тр} = \frac{M_u}{[\sigma] \rho}$$

Требуемый момент инерции поперечного сечения сварной балки I_{mp} , см^4 , определяют по формуле

$$I_{mp} = W_{тр} \times \frac{h}{2}$$

Осевой момент инерции вертикального листа I_{XB} , см^4 , определяют по формуле

$$I_{XB} = S_B \times \frac{h_B^3}{12}$$

Момент инерции горизонтальных поясов $I_{XГ}$ определяют по формуле

$$I_{XГ} = I_{mp} - I_{XB}$$

$$I_{XГ} = 2A_r \times \left(\frac{h_1}{2}\right)^2,$$

где $\left(\frac{h_1}{2}\right)$ – расстояние от центра тяжести пояса, до центра тяжести сечения балки.

$$\frac{h_1}{2} = \frac{h_B + S_r}{2}$$

	Наименование параметров	Условные обозначения	Варианты
--	----------------------------	-------------------------	----------

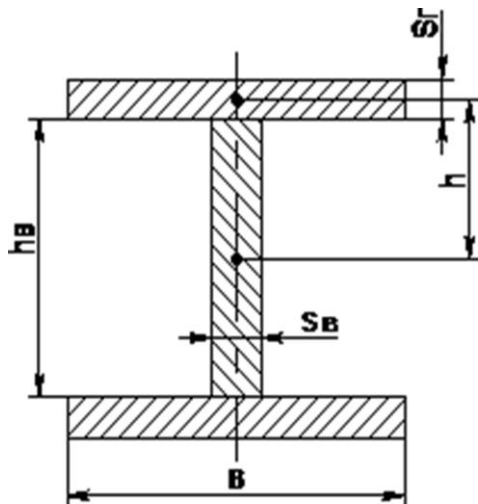
$$A_r = \frac{I_{Xr}}{2 \left(\frac{h_r}{2} \right)^2}$$

$$A_r = S_r \cdot e$$

где e - ширина горизонтального пояса, мм.

$$e = \frac{A_r}{S_r}$$

7. Начертить эскиз подобранного сечения с указанием основных размеров.



Для студентов, у которых по журналу четные номера, решают второй вариант, у кого нечетные номера, решают первый вариант.

			1	2
1	Длина ячейки рабочей площади	a (м)	6	7
2	Длина балки	L (м)	14	12
3	Активная (временная нагрузка)	$Q_2 \frac{(кн)}{м}$	80	60
4	Номер двутавра настила площадки		30	27
5	Шаг установки двутаврового настила	t (см)	100	80
6	Толщина настила (листа)	S(мм)	10	8
7	Материал главной балки		09Г2С	09Г2
8	Наибольший прогиб балки	f	1/500L	1/600L

Таблица 6 - Варианты заданий к задаче 4.1.

Контрольные вопросы

Что такое сварная балка?

Назовите два способа определения высоты балки.

Как найти высоту вертикального листа балки?

Как найти ширину горизонтального пояса балки?

Практическая № 5

Тема: Подбор поперечного сечения стойки.

Цель: Научиться подбирать сечение стойки методом последовательного приближения.

Задание: Решить задачу. Сделать вывод. Написать отчет.

Ответить на контрольные вопросы.

Задача 5.1.

Подобрать сечение стойки. Её длина L , продольная сжимающая сила F .
Материал- сталь.

Методические указания для решения задачи 5.1.

Допускаемое напряжение для заданного материала стойки $[\sigma]$, МПа, определяют по формуле

$$[\sigma] = \frac{\sigma_r}{[n]},$$

где σ_r - предел текучести заданного материала стойки, МПа;

$[n]$ – требуемый коэффициент запаса прочности.

Принимают $[n] = 1,3 \div 1,5$

Задаются коэффициентом продольного изгиба – φ .

Принимают $\varphi = 0,5 \div 0,6$

3. Требуемую площадь поперечного сечения стойки A , мм², определяют по формуле

$$A = \frac{F}{[\sigma] \times \varphi}$$

4. Задают размеры проектируемого сечения

S_B – толщина вертикального листа

h_B – высота вертикального листа

S_T – толщина горизонтального пояса

b - ширина горизонтального пояса

Площадь A_2 , мм^2 , рассчитывают по формуле.

$$A_2 = S_B \times h_B + 2S_T \times b$$

Осевой момент инерции I_x , см^4 , относительно оси OX рассчитывают по формуле

$$I_x = \frac{S_e \cdot h_e^3}{12} + 2 \frac{S_r^3 \cdot b}{12} + b \cdot S \cdot \frac{h_1}{2}$$

$$\frac{h_1}{2} = \frac{h_e + S_r}{2}$$

Осевой момент инерции I_y , см^4 , относительно оси OY рассчитывают по формуле

$$I_y = \frac{h_e \cdot S_e^3}{12} + 2 \frac{S_r \cdot b^3}{12}$$

7. Для дальнейших расчетов принимается меньшее значение момента инерции.

8. Радиус инерции r_{min} рассчитывают через меньшее значение момента инерции. Радиус инерции r_{min} рассчитывают по формуле

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A_2}}$$

9. Гибкость стержня λ определяют по формуле

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{r_{min}}$$

где μ - коэффициент зависящий от способа крепления концов стержня.

10. По таблице находят уточненное значение коэффициента φ_1 , смотри Приложение Г.

11. Подсчитаем напряжение:

$$\sigma = \frac{F}{A_2 \times \varphi_1} \leq [\sigma_p]$$

Расчетное напряжение σ должно быть близким к $[\sigma]$.

Допустимые отклонения в пределах $\pm 5\%$. В противном случае размеры поперечных сечений элементов изменяют в требуемом направлении.

Таблица 7 - Варианты заданий к задаче № 5.1

Вариант	Сила F (кН)	Длина стойки L (м)	Материал
1	-100	2,8	ВСт2пс
2	-120	2,6	ВСт2пс
3	-150	2,0	ВСт2пс
4	-200	2,3	ВСт2пс
5	-250	1,8	ВСт2пс
6	-300	2,2	ВСт2пс
7	-130	2,1	ВСт2пс
8	-160	2,4	09Г2
9	-180	2,6	09Г2
10	-170	2,5	09Г2
11	-200	2,3	09Г2
12	-210	2,4	09Г2

13	-220	2,6	09Г2
14	-230	2,3	09Г2
15	-240	2,5	09Г2

Продолжение таблицы 7

16	-250	2,8	09Г2
17	-260	3,1	09Г2С
18	-270	3,2	09Г2С
19	-300	3,3	09Г2С
20	-310	4,2	ВСт3пс
21	-320	4,3	ВСт3пс
22	-330	4,5	ВСт3пс
23	-340	4,6	ВСт3пс
24	-350	4,8	ВСт3пс
25	-360	5,0	10Г2С1
26	-380	5,2	10Г2С1
27	-400	5,3	10Г2С1
28	-150	2,7	10Г2С1
29	-160	2,8	10Г2С1
30	-170	2,9	10Г2С1

Схемы крепления стоек указаны на рисунках 10-13.

Для вариантов с 1 по 7.

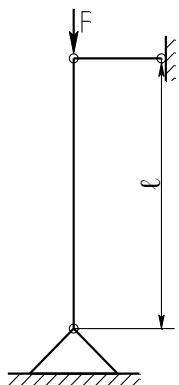


Рисунок 10 - Схема крепления стойки

Для вариантов с 8 по 15.

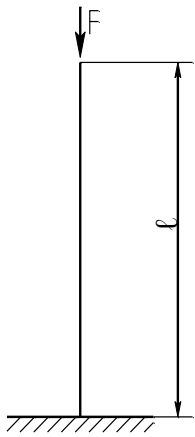


Рисунок 11 - Схема крепления стойки

Для вариантов с 16 по 23.

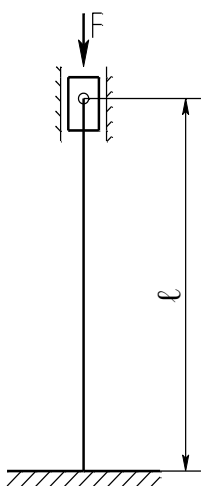


Рисунок 12 - Схема крепления стойки

Для остальных вариантов.

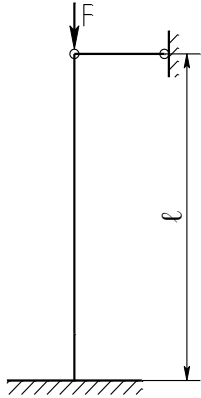


Рисунок 13 - Схема крепления стойки

Контрольные вопросы

Какие элементы конструкции называют стойками?

Какие типы сечений применяются для стоек при небольших и больших усилиях?

Что называется гибкостью стойки? Как она обозначается и какую имеет размерность?

Какие допускаемые напряжения применяются при расчете стоек? Что такое коэффициент φ ? Зависит ли коэффициент φ от марки металла, гибкости?

Как подбирают сечение в сжатой стойке при заданном усилии и допускаемом напряжении?

В чем состоит способ последовательного приближения подбора сечения в сжатых стойках?

Практическая работа № 6

Тема: Сварные фермы.

Цель: Научиться рассчитывать узлы ферм. Научиться подбирать сечение стержней ферм.

Задание: Решить задачу. Сделать вывод. Написать отчет.

Задача 6.1.

Разработать конструкцию заданного узла фермы

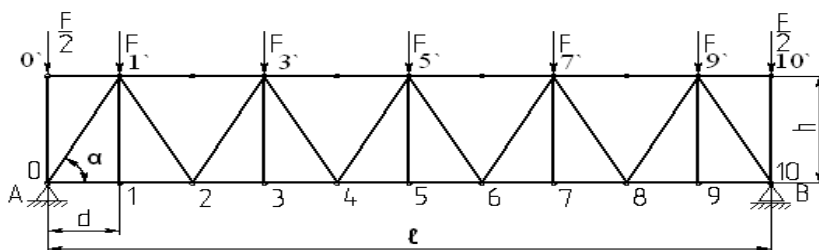


Рисунок 14 – Узел фермы

Методические указания для решения задачи 6.1.

Расчетное сопротивление R , МПа, для заданной марки стали определяют по формуле

$$R = 0.9 \times \sigma_T,$$

где σ_T - предел текучести заданной марки стали.

Справочно: для строительной марки стали предел текучести равен значению после буквы С.

Например: С255- предел текучести равен 255МПа

Допускаемое напряжение $[\sigma_P]$, МПа, для основного материала определяют по формуле

$$[\sigma_P] = \frac{R \times m}{K_H},$$

где m – коэффициент условий работы;

K_H – коэффициент надежности.

Принимают $m = 0.8$, $K_H = 1$

Допускаемое напряжение материала шва определяют по формуле

$$[\tau'] = 0,65 \cdot [\sigma_P] \text{ - .}$$

Реакции в опорах фермы R_A , кН, определяют по формуле

$$R_A = R_B = \frac{\sum F_i}{2}$$

Используя метод сечений, рассекают ферму в среднем сечении и определяют расчетные усилия в нижнем и верхнем поясах. Подсчитывают необходимую площадь поперечного сечения поясов.

Площадь поперечного сечения верхнего пояса A_F , см², рассчитывают по формуле

$$A_F = \frac{N_B}{[\sigma_P] \times \varphi},$$

где N_B - усилие в верхнем поясе;

φ - коэффициент продольного изгиба.

Принимают $\varphi = 0.6$

Площадь поперечного сечения нижнего пояса A_H , см², определяют по формуле

$$A_H = \frac{N_H}{[\sigma_P]},$$

Подбирают сечение для нижнего и верхнего пояса фермы (равнополочный уголок), используя Приложение № .

Для заданного узла фермы определяют усилия в стержнях и стойках.

Пользуются методом разрезания фермы или стачением заданного узла.

Подсчитывают необходимую площадь поперечного сечения элементов фермы.

Площадь поперечного сечения верхнего пояса A_p , см^2 , для растянутых элементов определяют по формуле

$$A_p = \frac{N_p}{[\sigma_p]},$$

Площадь поперечного сечения верхнего пояса A_c , см^2 , для сжатых элементов определяют по формуле

$$A_c = \frac{N_c}{[\sigma_c] \times \varphi},$$

По полученным значениям подбирают сечение (равнополочный уголок).
Приложение В.

5. Определяют необходимую длину фланговых швов, прикрепляющих раскосы и стойки с пояском фермы.

6. Разрабатывают эскиз узла в масштабе 1:1.

Вариант	Материал	Нагрузка F, кН	Длина пролета ℓ , м	Длина панели d, м	Вы- сота h, м	Узел	Угол α°
1	C235	25	12	1,0	1	3`	45
2	C235	25	12	1,0	1	3`	45
3	C235	25	12	1,0	1	5`	45
6	C235	15	12	1,0	1	3`	45
4	C235	15	12	1,0	1,5	5`	45
7	C235	15	12	1,5	1,5	5`	45
5	C235	15	12	1,0	1	1`	45
8	C235	20	12	1,5	1	3`	45
9	C235	20	12	1,5	1	5`	45

10	C245	20	15	1,5	1,5	5`	45
11	C245	25	15	1,5	1,5	3`	45
12	C245	20	15	1,5	1,5	1`	45
13	C245	20	15	1,5	1,5	3`	45
14	C255	25	20	2,0	2	7`	45
15	C255	20	20	2,0	2	3`	45
16	C276	20	18	1,5	1,5	3`	45
17	C276	20	18	1,5	1,5	3`	45
18	C276	25	18	1,5	2	7`	45
19	C276	20	18	1,5	2	5`	45
20	C276	20	18	1,5	2	3`	45
21	C235	25	12	1,0	1	5`	45
22	C235	15	12	1,0	1	5`	45
23	C235	15	12	1,0	1	1`	45
24	C235	15	12	1,0	1,5	3`	45
25	C235	15	12	1,5	1	5`	45
26	C235	20	12	1,0	1	3`	45
27	C235	25	12	1,5	1	5`	45
28	C245	20	15	2,0	1,5	5`	45
29	C255	20	20	2,0	2	7`	45
30	C255	20	20	2,0	2	5`	45

Контрольные вопросы

1. Какие конструкции называются фермами?
2. Как называется расстояние между узлами решетки фермы?
3. Как классифицируют фермы по назначению и очертанию поясов?
4. Как называется расстояние между опорами фермы?

Практическое занятие № 7

Тема : Расчет конструкций оболочкового типа

К оболочковым конструкциям относят вертикальные цилиндрические резервуары с плоскими и сферическими днищами, сферические резервуары, газгольдеры, ресиверы, трубопроводы и т.д.

Расчетными нагрузками для оболочковых конструкций, как правило, являются гидростатическое или избыточное давление. Кроме того, для газгольдеров и трубопроводов к указанным нагрузкам добавляются изгибающие моменты и усилия, вызываемые перепадами температур.

В вертикальной стенке цилиндрических резервуаров, а также в цилиндрических частях газгольдеров, резервуаров и трубопроводов под действием внутреннего давления возникает двухосное напряженное состояние. При этом компоненты напряжений рассчитывают по формулам таблицы 14.

Таблица 14 – Напряжения в цилиндрических и сферических оболочках

Конструкция	Напряжения		
	меридиональные σ_1	кольцевые σ_2	касательные
Стенка цилиндрического резервуара, находящегося под внутренним давлением жидкости γ и газа p	$\frac{p \cdot r}{2\delta}$	$\frac{(\gamma \cdot y + p) \cdot r}{\delta}$	-
Стенка цилиндрического сосуда, находящегося под внутренним (+) или наружным (-) давлением газа p	$\pm \frac{p \cdot r}{2\delta}$ —	$\pm \frac{p \cdot r}{\delta}$ —	-
Стенка сферического сосуда, находящегося под внутренним (+) или наружным (-) давлением газа p	$\pm \frac{p \cdot r}{2\delta}$ —	$\pm \frac{p \cdot r}{2\delta}$ —	-

δ - толщина стенки сосуда; r – радиус срединной поверхности; y - расстояние от поверхности жидкости до рассматриваемого сечения

Задание 7.1 Определить кольцевые напряжения в стенке у дна стального цилиндрического резервуара. Исходные данные представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Исходные данные к задаче 1.

вариант	Диаметр резервуара D , м	Толщина стенки δ , мм	Высота налива жидкости h , м	Плотность жидкости γ , кг/м ³	Избыточное давление, МПа	Допускаемое напряжение, МПа
0	12	6	6	800	0,02	160
1	18	5	5	800	0,03	
2	16	5	7	800	0,04	

3	16	4	8	800	0,05
4	16	4	7	800	0,06

Решение. Рабочее давление определяют как сумму гидростатического и избыточного давлений с учетом коэффициентов перегрузки:

$$p = 1,1p_{\text{гидростат}} + 1,2p_{\text{изб}} = 1,1 \cdot \rho \cdot h + 1,2p_{\text{изб}} = 1,1 \cdot 800 \cdot 6 \cdot 9,8 \cdot 10^{-6} + 1,2 \cdot 0,02 = 0,0517 + 0,024 = 0,0757 \text{ МПа}$$

Тогда, кольцевые напряжения в стенке у дна резервуара:

$$\sigma = p \cdot r = 0,0757 \cdot 10^6 \cdot 6 = \leq [\sigma]$$

$$\delta \approx 0,006$$

$$75,7 \text{ МПа}$$

Задание 2. Рассчитать толщину стенки сферического резервуара с объемом V. Исходные данные представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Исходные данные к задаче 2.

вариант	Объем резервуара V, м ³	Плотность жидкости γ, г/см ³	Избыточное давление, МПа	Предел прочности σ _в , МПа
0	600	0,8	0,2	500
1	800	0,8	0,2	320
2	1000	0,8	0,2	380
3	1200	0,8	0,2	400
4	2000	0,8	0,2	420

Решение. Объем сферического резервуара вычисляют по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

3

где r - радиус внутренней поверхности резервуара, м ; V - объём резервуара, м³ .

Тогда, диаметр резервуара $D = 2r = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 600}{4 \cdot 3,14}} = 10,5 \text{ м}$

Определяем расчетное давление:

$$p = 1,1p_{\text{гидростат}} + 1,2p_{\text{изб}} = 1,1 \cdot \rho \cdot h + 1,2p_{\text{изб}} = 1,1 \cdot 800 \cdot 10,5 \cdot 9,8 \cdot 10^{-6} + 1,2 \cdot 0,2 =$$

$$= 0,091 + 0,24 = 0,331 \text{ МПа}$$

Находим расчетную толщину оболочки согласно СТБ ЕН 13445 «Сосуды, работающие под давлением»:

$$S_p = \frac{pD}{4\varphi[\sigma] - p} = \frac{0,331 \cdot 10,5}{4 \cdot 142,86 - 0,33} = 0,00608 \text{ м}$$

где φ - коэффициент снижения допускаемых напряжений на сварные соединения по сравнению с допускаемым напряжением на основной металл, $\varphi=1$.

$$\sigma_B = \frac{[\sigma]'}{n} = \frac{500}{3,5} = 142,86 \text{ МПа}$$

n – коэффициент запаса прочности, для сферических резервуаров $n=3,5$.

Окончательная толщина стенки с учетом вытяжки металла при вальцовке или штамповке $C1$, а также прибавки на коррозию $C2$ увеличивается примерно на 2 мм.

$$S_{CT} = S_p + C1 + C2 = 6 + 1 + 1 = 8 \text{ мм.}$$

Задача 3. Определить геометрические параметры стального вертикального цилиндрического резервуара (РВС). Исходные данные представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Исходные данные к задаче 3.

Вариант	Объем резервуара V , м^3	Плотность нефти γ , г/см^3
0	20000	0,9
1	21000	0,9
2	22000	0,9
3	24000	0,9
4	25000	0,9

Решение. Выбираем высоту резервуара. Для этого используем рекомендации таблицы 18. Для резервуара объемом $V = 20000 \text{ м}^3$ принимаем номинальную высоту резервуара

$$H_n = 16 \text{ м.}$$

Для изготовления стенки выбираем стальной лист с размерами в поставке 2000×8000 мм. С учетом обработки кромок листа с целью получения правильной прямоугольной формы при дальнейших расчетах принимаются следующие его размеры 1990×7990 мм.

Соответственно количество поясов в резервуаре будет равно восьми ($N_n = 8$). Точная высота резервуара

$$H = 1990 \cdot 8 = 15920 \text{ мм} .$$

Радиус резервуара определяется из формулы для объема цилиндра:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot H,$$

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi H}} = \sqrt{\frac{20000 \times 10^3}{3.14 \times 15920}} = 20002 \text{ мм}$$

Периметр резервуара

L_n и число листов в поясе N_l

$$L_n = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 20002 = 125613 \text{ мм}.$$

$$N_n = \frac{L_n}{L} = \frac{125613}{7990} = 15,7$$

Таблица 18 -Объемы резервуаров рекомендуемого параметрического ряда, м³.

Высота стенки, м	Внутренний диаметр стенки, м																		
	4,73	6,63	7,58	8,53	10,43	12,33	15,18	18,98	20,92	22,80	28,50	34,20	39,90	45,60	50,70	55,80	60,70	66,00	71,10
6,0	105	207	271	343	513	716	1086	1698	2062	2450									
7,5	132	259	338	429	641	896	1357	2122	2578	3062									
9,0	158	311	406	514	769	1075	1629	2546	3094	3675									
10,5	185	362	474	600	897	1254	1900	2971	3609	4287									
12,0	211	414	542	686	1025	1433	2172	3395	4125	4899	7655	11024	15004	19598	24226	29345	34726	41054	47644
13,5	237	466	609	771	1153	1612	2443	3820	4640	5512	8612	12402	16880	22047	27255	33014	39066	46186	53600
14,0											8931	12861	17505	22864	28264	34236	40513	47897	

15,0	264	518	677	857	1282	1791	2715	4244	5156	6124	9569	13779	18755	24497	30283	36682	43407	51318	
16,0											10207	14698	20006	26130	32302	39127	46301		
16,5	290	570	745	943	1410	1970	2986	4668	5671	6737	10526	15157	20631	26947	33311	40350	47748		
18,0	316	621	812	1029	1538	2149	3258	5093	6187	7349	11483	16535	22507	29396	36339	44018	52088		
19,5	343	673	880	1114	1666	2328	3529	5517	6703	7961	12440	17913	24382	31846	39368	47686			
20,0	351	690	903	1143	1709	2388	3620	5659	6875	8166	12759	18373	25007	32663	40377	48909			
21,0	369	725	948	1200	1794	2507	3801	5942	7218	8574	13397	19291	26258	34296	42396	51354			
22,0	387	760	993	1257	1880	2627	3982	6225	7562	8982	14035	20210	27508	35929	44415				
23,0											14673	21129	28758	37562	46434				
24,0											15311	22047	30009	39195	48453				
25,0											15948	22966	31259	40828	50471				

Принимаем число листов в поясе

$N_n = 16$. Тогда периметр резервуара

$$L_n = 16 \cdot 7990 = 127840 \text{ мм} ,$$

а окончательный радиус

$$r = \frac{L_n}{2\pi} = 20346 \text{ мм}$$

Уточненный объем резервуара.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot H = \pi \cdot 20,346^2 \cdot 15920 \approx 20704 \text{ м}^3 .$$

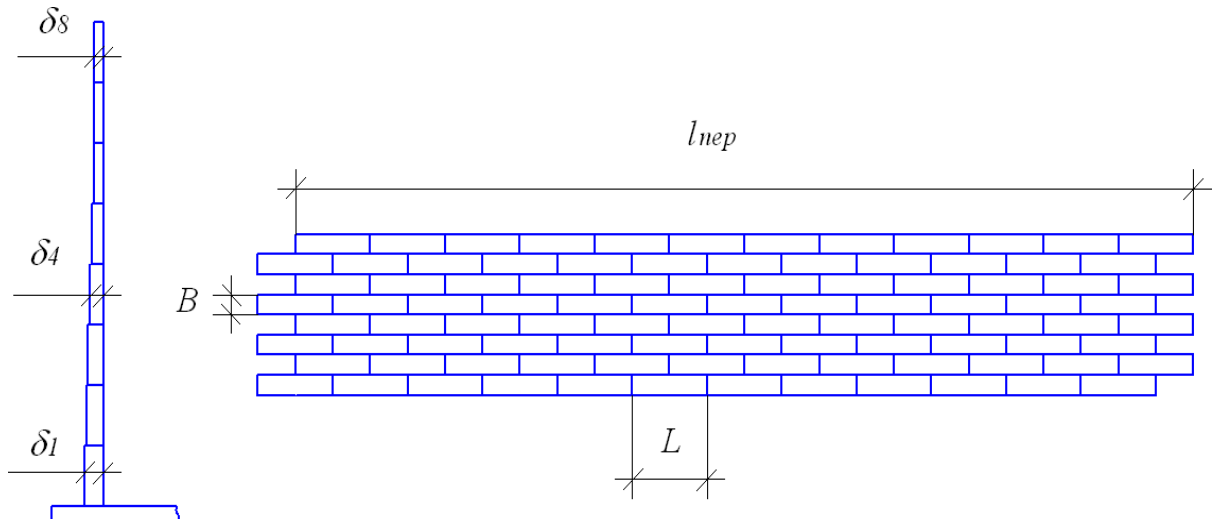


Рисунок 20 - Развертка и сечение стенки вертикального резервуара

Номинальная толщина каждого пояса стенки резервуара t_U рассчитывается по формуле

$$t_U = \frac{(\rho g (H_i + \theta_L) + 1,2p)^r \Delta t_{cU} \Delta t_{mU}}{R}$$

где $\theta_L =$);

$$\sqrt{r \cdot (t_L - \Delta t_{cU} - \Delta t_{mU})}$$

t_L – назначенная номинальная толщина пояса стенки, примыкающего снизу к i -му стыку, м;

Δt_{cU} – припуск на коррозию пояса стенки, примыкающего к i -му стыку снизу, м;

Δt_{mU} – минусовой допуск на прокат пояса стенки, примыкающего к i -му стыку снизу, м;

R – расчетное сопротивление материала пояса стенки по пределу текучести, Па;

r – окончательный радиус резервуара, м ρ – плотность нефтепродукта, кг/м³;

p – нормативное избыточное давление в газовом пространстве, МПа; g – ускорение свободного падения, $g = 9,8$ м/с²;

H_i – расстояние от зеркала продукта до i -го стыка поясов при эксплуатации, м.

Расчетное сопротивление материала стенки резервуаров по пределу текучести определяется по формуле

$$R = \frac{R_{yn} \times \gamma_c \times \gamma_t}{\gamma_m \times \gamma_n}$$

R_{yn} – нормативное сопро-

тивление растяжению металла стенки, равное минимальному значению предела текучести, принимаемому по государственным стандартам на листовую прокат, для стали 09Г2С

$$R_{yn} = 325 \text{ МПа};$$

γ_c – коэффициент условий работы,

$$\gamma_c = 0,7 \text{ – для нижнего пояса,}$$

$$\gamma_c = 0,8$$

для остальных поясов;

γ_t – температурный коэффициент, $\gamma_t = 1$;

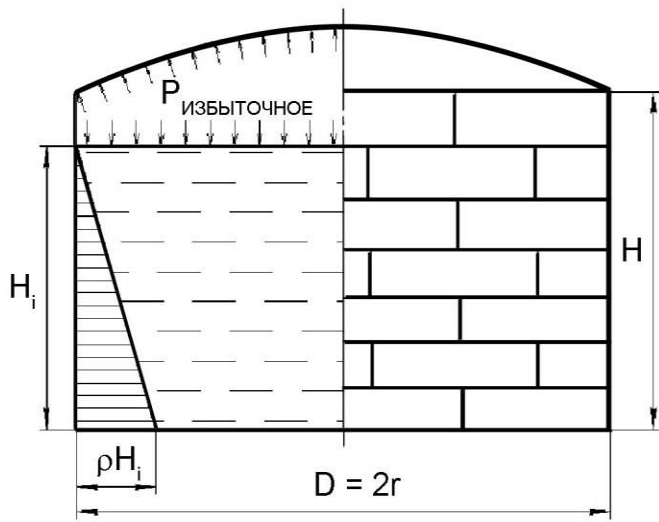
γ_m – коэффициент надежности по материалу, $\gamma_m = 1,025$;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности, для I класса опасности $\gamma_n = 1,2$; для II класса $\gamma_n = 1,1$; для III класса $\gamma_n = 1,05$; для IV класса $\gamma_n = 1$.

Номинальная толщина первого пояса стенки резервуара:

$$t_{U1} = (900 \cdot 9,8 \cdot (15,92 - 0) + 0) \cdot 20,346$$

$$\frac{201,77 \cdot 10^6}{201,77 \cdot 10^6}$$



$$+ 0,001 + 0,001 = 0,0166\text{м}$$

$$\theta_{L1} = 0;$$

$$R_{1\text{пояс}} = \frac{325 \cdot 0,7 \cdot 1}{1,025 \cdot 1,1} = 201,77\text{МПа}.$$

Таблица 19–Минимально допустимая толщина листов стенки резервуара

Диаметр резервуара, м	Минимально допустимая толщина листов стенки, мм
До 15 включ.	5
Св. 15 до 25	6
Св. 25 до 40	8
Св. 40 до 65	10

Номинальная толщина второго пояса стенки резервуара:

$$t_{U2} = (900 \cdot 9,8 \cdot (13,93 - 0,545) + 0) \frac{20,346}{230,6 \cdot 10^6} + 0,001 + 0,001 = 0,0124\text{м}$$

$$\theta_{L2} = \sqrt{20,357 \cdot (0,0166 - 0,001 - 0,001)} = 0,545\text{м}$$

$$R = \frac{325 \cdot 0,8 \cdot 1}{1,025 \cdot 1,1} = 230,6\text{МПа}.$$

$$2\text{пояс} \quad 1,025 \cdot 1,1$$

Результаты расчета толщины t_U каждого пояса стенки следует округлить до целого числа большую сторону в соответствии со значениями толщины проката по ГОСТ 19903, сравнить с минимальной толщиной стенки (таблица

и свести все данные в таблицу 20.

Таблица 20– Номинальная толщина стенки резервуара

Номер пояса	Номинальная толщина пояса t_U , мм	Δt_{cU} , мм	Δt_{mU} , мм	Минимальная толщина стенки t_{min} , мм	Принятая толщина пояса t , мм
1	16,6	1	1	10	17
2	12,4				13
3	11,2				12
4	9,7				10
5	8,1				10
6	6,6				10
7	5,1				10
8	3,5				10

Основная литература

1. Овчинников В.В. Технология производства сварных конструкций: учебник.- М.: Академия, 2018

Дополнительная литература

1. Овчинников В.В. Основы технологии сварки и сварочное оборудование: учебник.- М.: Академия, 2018

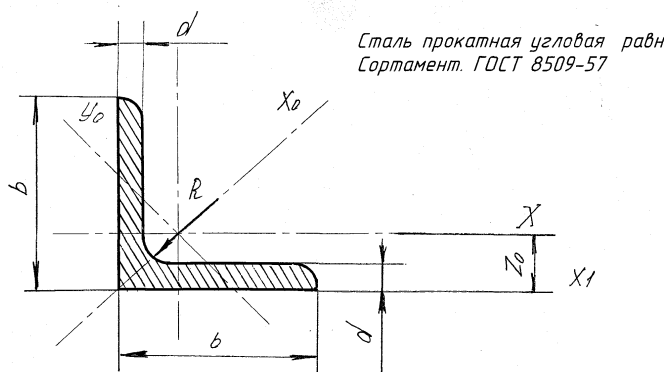
Коэффициенты надёжности по назначению.

Класс конструкции	Степень активности объекта	Пример объекта	Коэффициент надёжности
1	Основные здания и сооружения объектов, имеющих особо важное народнохозяйственное или социальное значение.	Главные корпуса ТЭС, АЭС главные узлы доменных печей, резервуары для нефти и нефтепродуктов объёмом более $10\,000\text{ м}^3$ и т.п.	1
2	Здания и сооружения объектов, имеющих важное народнохозяйственное или социальное значение.	Объекты не вошедшие в 1 и 3 классы.	0,95
3	Здания и сооружения объектов, имеющих ограниченное народнохозяйственное или социальное значение	Склады для хранения сельхозпродуктов, угля, удобрения и др., теплицы, парники, временные здания и сооружения со сроком службы свыше 5 лет.	0,9

Примечание. Для временных зданий и сооружений со сроком службы до 5 лет допускается принимать $\gamma_c \pm 0,8$

**Коэффициенты условий работы для некоторых видов конструкций
(по СНиП 11-23-81*)**

Элементы конструкций	Коэффициент условий работы γ_c
Сплошные балки и сжатые элементы ферм перекрытий при весе перекрытий, равном или большем временной нагрузки	0,9
Балки, несущие статистическую нагрузку с прокатными и составными сварными сечениями, при расчёте на прочность	1,1
Колонны, несущие статистическую нагрузку, с прокатными и сварными сечениями, при расчёте на прочность	
Сжатые элементы ферм (кроме трубчатых)	0,95
Растянутые элементы в сварных стержневых конструкциях покрытий и перекрытий	0,95
Элементы ферм, несущих статическую нагрузку, при расчёте на прочность: а) сжатые элементы сварных ферм перекрытий б) растянутые элементы с проектными или сварными сечениями	0,946 1,05



№ профилей	Размеры				Площадь профиля	Вес 1 пог.метра	Справочные величины для осей							
	b	d	R	r			X-X		X ₀ -X ₀		Y ₀ -Y ₀		X ₁ - X ₁	Z ₀
							I _x	i _x	I _{x0max}	i _{x0max}	I _{y0min}	i _{y0min}	I _{x1}	
	мм	мм	мм	мм			см ⁴	см	см ⁴	см	см ⁴	см	см ⁴	см
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,89	0,40	0,59	0,62	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
		4			1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73
		4			1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	0,76
2,8	28	3	4	1,3	1,62	1,27	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	2,20	0,80
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	3,26	0,89
		4			2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	4,39	0,94
3,6	36	3	4,5	1,5	2,10	1,65	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	4,64	0,99
		4			2,75	2,16	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	6,24	1,04
4	40	3	5	1,7	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
		4			3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,56	1,13

4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4			3,48	2,73	9,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	12,1	1,26
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		4			3,89	3,06	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5			4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	3,5	6	2	3,86	3,03	11,6	1,73	18,4	2,18	4,80	1,12	20,3	1,50
		4			4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5			5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	7	2,3	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5			6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6			7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50,0	1,78

№ профилей	Размеры				Площадь профиля	Вес 1 пог.метра	Справочные величины для осей							
	b	d	R	r			X-X		X ₀ -X ₀		Y ₀ -Y ₀		X _I - X _I	Z ₀
							I _x	i _x	I _{x0max}	i _{x0max}	I _{y0min}	i _{y0min}	I _{xI}	
							мм	мм	мм	мм	см ⁴	см	см ⁴	
7	70	4,5	8	2,7	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5			6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6			8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7			9,42	7,39	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99

		8			10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02
7,5	75	5	9	3	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6			8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7			10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
		8			11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15
		9			12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18
8	80	5,5	9	3,3	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6			9,38	7,36	57	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19
		7			10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23
		8			12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27
9	90	6	10	3,3	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
		7			12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
		8			13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
		9			13,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55
10	100	6,5	12	4	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
		7			13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
		8			15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75
		10			19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83
		12			22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
		14			26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
		16			29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06
11	110	7	12	4	15,2	11,9	176	2,40	279	4,29	72,7	2,19	303	2,96
		8			17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36
		9			22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40
		10			24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45
		12			28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53
		14			33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61

		16			37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78
		10			27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82
		12			32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90
16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30
		11			34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35
		12			37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39
		14			43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47

Коэффициенты φ продольного изгиба центрального-сжатых
элементов

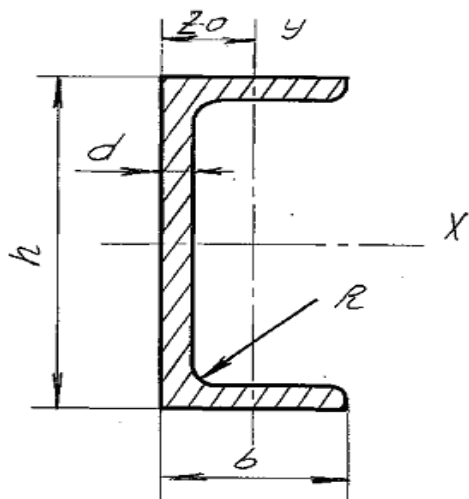
Гибкость Элементов λ	Расчетные сопротивления $R=0.9 \sigma_T$, МПа							
	200	240	280	320	400	480	520	600
30	939	931	924	917	90	895	891	883
40	906	894	883	873	854	849	832	820
50	869	852	836	822	796	775	764	729
60	827	805	785	766	721	672	650	608
70	782	754	724	687	623	568	542	494
80	734	686	641	602	532	741	442	386
90	665	612	565	522	447	380	349	305
100	599	542	493	448	369	309	286	250
110	537	478	427	381	306	258	239	209
120	479	419	366	321	260	219	203	178
130	425	364	313	276	223	189	175	153
140	376	315	272	240	195	164	153	134
150	328	276	239	211	171	145	134	118
160	290	244	212	187	152	129	120	105
170	259	218	189	167	136	115	107	94
180	233	196	170	150	123	104	97	85
190	210	177	154	136	111	98	88	77
200	191	161	140	124	101	86	80	71

Расчетные сопротивления стали и сварных соединений для марок сталей ограниченного сортамента.

ГОСТ или ТУ	Марка стали	Вид проката	толщина	Нормативные сопротивления, МПа		Расчетные сопротивления, МПа			Расчетное сопротивление сварных соединений, МПа		
				R _{уп}	R _{ип}	R _у	R _s	R _{у, Rp}	R _{w y}	R _{w z}	R _{w z}
380-88	ВСт3кп2	Лист	4...20	225	365	215	125	350	180	165	180
		Фасон	21...40	215		205	120		175		
	ВСт3пс6	Лист	4...20	235	370	225	130	350	190	165	180
		Фасон	4...20	245		235	135		200		
	ВСт3сп5	Лист	4...20	235	370	225	130	350	190	165	180
		Фасон	4...20	245		235	135		200		
	ВСт3Гпс5	Лист	4...20	235	370	225	130	350	190	165	180
		Фасон	4...20	245		235	135		200		
	ВСт3кп2-1	Лист	4...10	225	355	220	125	345	185	160	180
			11...20	215	345	210	120	355	180	155	180
		Фасон	4...10	235	365	230	130	355	195	165	180
			11...20	225	355	220	125	345	185	160	180
	ВСт3пс6-1	Лист	4...10	235	365	230	130	355	195	160	180
			11...20	235	355	230	130	345	195	160	180
Фасон		4...10	245	370	240	140	360	205	165	180	
		11...20	245	365	240	140	355	205	165	180	
		21...30	225	355	220	125	345	185	160	180	
ВСт3пс6-2	Лист	4...10	275	370	270	155	360	220	165	180	
		11...20	265	365	260	150	355	220	165	180	
	Фасон	4...10	275	380	270	370	370	230	170	180	
		11...20	275	370	270	360	360	230	160	180	
ВСт3сп5-1	Лист	4...10	245	365	240	355	355	205	165	180	
		11...20	235	365	230	355	355	195	165	180	

		Фасон	4...10	255	380	250	370	370	210	170	180
			11...20	245	370	240	140	140	205	165	180
			21...30	235	365	230	355	355	195	165	180
	ВСтЗсп 5-2	Лист	4...10	275	380	270	255	370	230	170	180
			11...20	265	370	260	150	360	220	165	180
		Фасон	4...10	285	390	280	160	380	240	175	180
			11...20	275	380	270	155	370	230	170	180
19282 -73*	09Г2	Лист	4...20	305	440	290	170	420	245	200	200
			21...32	295	440	280	160	420	240	200	200
	09Г2С	фасон	4...9	345	490	330	190	465	280	220	240
			10...20	325	470	310	180	450	265	210	215
			21...32	305	460	290	170	440	245	205	215
			33...60	285	250	270	155	430	230	200	200
19281 -73*		Фасон	4...9	345	490	330	190	465	280	220	240
			10...20	325	470	310	180	450	265	210	215
			21...32	305	460	290	170	440	245	205	215
19282 -73*	16Г2АФ	Лист	4...32	440	590	400	230	535	340	265	280
			33...50	410	570	375	220	520	320	255	280
14- 1- 1217 -75	10ХНД П	лист	4...9	345	470	330	190	450	280	210	215
			10...16	295	440	280	160	420	240	200	200

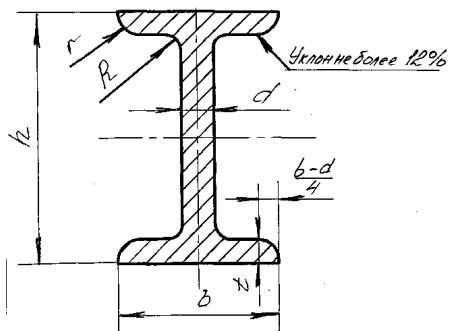
Приложение Е
Сталь прокатная швеллер



№ профилей	Вес 1 пог. метра	Размеры			Площадь сечения	Справочные величины для осей							Z ₀
		h	b	d		X-X				Y-Y			
						J _x	W _x	i _x	S _x	J _y	W _y	i _y	
		кг	мм	мм		мм	см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	
5	4,84	50	32	4,4	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6.5	5,90	65	36	4,4	7,51	48,6	15,0	2,54	9,0	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5,0	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	15,3	160	68	5,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	16,3	180	70	5,1	20,7	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21,0	220	82	5,4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	28,8	2330	212	8,90	121	187	30,0	2,55	2,46
24	24,0	240	90	5,6	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42

<i>24a</i>	<i>25,8</i>	<i>240</i>	<i>95</i>	<i>5,6</i>	<i>32,9</i>	<i>3180</i>	<i>265</i>	<i>9,84</i>	<i>151</i>	<i>254</i>	<i>37,2</i>	<i>2,78</i>	<i>2,67</i>
------------	-------------	------------	-----------	------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------

Сталь прокатная двутавровая



№ профилей	вес 1 пог. метра	Размеры						площадь сечения	Справочные величины для осей						
		h	b	d	t	R	r		X-X				Y-Y		
									J_x	W_x	i_x	S_x	J_y	W_y	i_y
кг	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7	2,5	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8	3	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9	3,5	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	9	3,5	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10	4	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	10	4	32,8	2790	25,4	9,22	143	206	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	10,5	4	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11	4,5	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	33,9	270	135	6,0	10,2	11	4,5	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12	5	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	12	5	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13	5	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14	6	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	56,1	400	155	8,0	13,0	15	6	71,4	18930	9471	6,3	540	666	85,9	3,05

45	65,2	450	160	8,6	14,2	16	7	83,0	27450	1220	18,2	699	807	101	3,12
50	76,8	500	170	9,5	15,2	17	7	97,8	39290	1570	20,0	905	1040	122	3,26
55	89,8	550	180	10,3	16,5	18	7	114	55150	2000	22,0	1150	1350	150	3,44
60	104	600	190	11,1	17,8	20	8	132	75450	2510	23,9	1450	1720	181	3,60
65	120	650	200	12,0	19,2	22	9	153	101400	3120	25,8	1800	2170	217	3,77