

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии материалов и судоремонта

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ.
РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ»**

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы
«Разработка технологического процесса изготовления
сварной конструкции. Расчет режимов ручной дуговой сварки»
по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для
обучающихся по направлениям подготовки 16.03.03 «Холодильная,
криогенная техника и системы жизнеобеспечения» (уровень бакалавриата),
профили «Холодильная техника и технология», «Климатехника и системы
жизнеобеспечения» и 15.03.02 «Технологические машины и
оборудование» (уровень бакалавриата), профили «Пищевая инженерия
малых предприятий», «Машины и аппараты пищевых производств»

Мурманск
2019

Составитель – *Пашеева Татьяна Юрьевна*, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии материалов и судоремонта Мурманского государственного технического университета.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой технологии материалов и судоремонта «25» сентября 2019 г., протокол № 01/19

Рецензент – *Петрова Наталья Евгеньевна*, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии материалов и судоремонта Мурманского государственного технического университета.

Электронное издание подготовлено в авторской редакции

Мурманский государственный
технический университет, 2019
Пашеева Т.Ю., 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	5
1.1 Требования к структуре и оформлению РГР.....	5
1.2 Методические рекомендации к выполнению разделов РГР.....	6
1.3 Требования к содержанию и критерии оценки РГР.....	9
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	10
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ.....	11
3.1 Цель работы.....	11
3.2 Задания к выполнению РГР.....	11
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО- ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	13
4.1 Определение свариваемости и необходимости подогрева стали	13
4.2 Выбор режимов ручной дуговой сварки.....	14
4.3 Расчёт режимов ручной сварки угловых швов без скоса кромок	22
4.4 Расчет режимов механизированной сварки в защитных газах уг- ловых швов без скоса кромок.....	23
4.5 Структура технологического процесса.....	27
5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	33
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	35

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению расчетно–графической работы «Разработка технологического процесса изготовления сварной конструкции. Расчет режимов ручной дуговой сварки» составлены в соответствии с требованиями рабочей программы дисциплины «Технология конструкционных материалов».

Методические указания предназначены для оказания методической помощи студентам, обучающимся по направлениям подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» (уровень бакалавриата), профиль «Холодильная техника и технология», «Климатехника и системы жизнеобеспечения» и 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (уровень бакалавриата), профиль «Пищевая инженерия малых предприятий», «Машины и аппараты пищевых производств».

Расчетно-графическая работа – одна из форм самостоятельной научно-практической работы, в которой студент должен показать умение творчески использовать материал теоретического курса в тесной связи с практической деятельностью. Самостоятельная работа со специальной литературой, методическими разработками и нормативными документами способствует развитию аналитического мышления будущего инженера.

Основная цель выполнения расчетно-графической работы – приобретение студентами навыков и умений, необходимых для анализа технологических процессов сварочного производства, выработка навыков самостоятельного решения практических задач и закрепления теоретических знаний в области сварочных технологий.

Задачами РГР являются: закрепление теоретических знаний по дисциплине «Технология конструкционных материалов»; развитие у студентов умения самостоятельно, творчески работать с литературными, справочными, нормативными источниками; наработка способности делать обоснованные выводы и выносить рациональные предложения по разработке технологических процессов изготовления сварных конструкций.

Выполнение РГР состоит из таких этапов, как: выбор темы (варианта РГЗ); подбор литературных, методических, нормативных источников; написание и оформление работы; защита РГР.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Требования к структуре и оформлению РГР

Расчетно-графическая работа выполняется с отдельной расчетно-пояснительной запиской. Расчетно-пояснительная записка должна включать в себя следующие разделы.

ВВЕДЕНИЕ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.

1.1 Материал сварной конструкции.

1.2 Сварочные материалы.

1.3 Определение группы свариваемости.

1.4 Конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и сварного шва.

1.5 Режимы сварки.

2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ.

2.1 Сварочное оборудование, его технические характеристики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.

ПРИЛОЖЕНИЯ.

Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы определяются в соответствии с последней цифрой номера зачетки, содержанием таблицы 1 и приложения 1. В случаях, когда студент затрудняется определить свои исходные данные для выполнения расчетно-графической работы, а также, когда происходит совпадение вариантов, преподаватель назначает их самостоятельно в каждом конкретном случае.

Общий объем пояснительной записки должен составлять 15÷20 страниц. Текст РГР выполняется в редакторе Word, в режиме Times New Roman, межстрочный полуторный интервал, размер шрифта 14, выравнивание по ширине. Не допускаются интервалы между абзацами. Размер полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Красная строка – 1,25 см. Нумерация страниц сверху. Каждый раздел, а также введение, заключение, список литературы и приложения начинаются с новой страницы.

Выполнение схем, графиков, диаграмм, таблиц должно быть четким, представлено с объяснениями и последовательно пронумеровано. Используемый в таблицах шрифт – Times New Roman, размер шрифта 12 через один интервал. Автор может выбрать свой стиль оформления таблиц, но он должен быть единым на протяжении всей работы. Приводимые в работе формулы располагаются и нумеруются последовательно, все обозначения в них расшифровываются.

Следует обратить внимание на необходимость ссылок на источники при использовании цитат, цифровых данных, таблиц, графиков и пр. Цитируя отрывок из книги, статьи журнала, необходимо дать библиографические ссылки. Например, запись [7, с. 13] означает, что материал находится в списке литературы под номером 7 на 13-й странице.

Графическая часть представляют собой сборочный чертеж сварной конструкции и спецификацию. На сборочном чертеже необходимо обозначить сварные швы в соответствии с ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры» или ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры» (в соответствии с вариантами заданий).

Работа оформляется в скоросшивателе и содержит чистый лист для замечаний. Не следует использовать в работе пластиковые файлы.

1.2 Методические рекомендации к выполнению разделов РГР

Все разделы задания должны быть связаны между собой и подчинены единым целям и задачам работы.

Во введении студент обосновывает актуальность темы РГР, обозначает цель и задачи.

В разделах «Материал сварной конструкции», «Сварочные материалы» и «Группа свариваемости» необходимо представить основные и сварочные материалы, описать их химический состав, механические и технологические свойства (свариваемость).

Металлы и сплавы характеризуются свариваемостью. Под этим термином понимают способность металла образовывать прочное и надежное сварное соединение без дефектов. Наиболее важные требования при сварке металлов: обеспечение равнопрочности сварного соединения с основным металлом, приближение химического состава шва к составу основного ме-

талла, отсутствие дефектов в виде горячих и холодных трещин, газовых пор, шлаковых включений, непроваров, подрезов и других дефектов.

На механические и физико-химические свойства металла шва весьма существенное влияние оказывает его химический состав. Поэтому для получения свойств, удовлетворяющих требованиям надежности конструкции при эксплуатации, важным является правильный выбор сварочных материалов. К сварочным материалам относят присадочные, электродные проволоки сплошного сечения, порошковые проволоки, электроды, сварочные флюсы и газы и специальные материалы.

При выборе сварочных материалов следует исходить из следующих условий:

- возможности осуществлять сварку в тех положениях, в каких будет находиться во время сварки изделие;
- возможности получения плотных беспористых швов;
- возможности получения металла шва, обладающего высокой технологической прочностью, т.е. не склонного к образованию горячих трещин;
- возможности получения металла шва, имеющего требуемую эксплуатационную прочность;
- низкой токсичности;
- экономической эффективности.

В зависимости от предъявляемых к изделию специальных требований, при выборе сварочных материалов необходимо учитывать дополнительное требование – получение металла шва, обладающего комплексом специальных свойств (например, высокой коррозионной стойкостью, жаропрочностью, износостойкостью и др.).

В разделе «Конструктивные элементы подготавливаемых кромок сварных швов» необходимо выбрать геометрические параметры кромок и геометрические параметры сварных швов по ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры» или ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры» (в соответствии с заданным вариантом).

В разделе «Режимы сварки» необходимо рассчитать основные и дополнительные режимы сварки. Обоснование режимов сварки следует осуществлять по рекомендациям в нормативно-технической документации

либо путем расчета, по существующим методикам на основе рассмотренных показателей, свариваемости металла, выбранного способа сварки и сварочных материалов. При этом следует исходить из следующих условий:

- получения швов с оптимальными размерами и формой;
- обеспечения такого термического цикла, который обеспечит оптимальные свойства зоны термического влияния и металла шва.

В разделе «Сварочное оборудование» необходимо выбрать сварочное оборудование, указать технические характеристики выбранного сварочного оборудования.

При выборе источников питания учитывают:

- род тока;
- внешнюю характеристику источника питания;
- сопоставление сварочных выпрямителей и преобразователей;
- номинальную мощность источника по току;
- возможность и целесообразность использования многопостового питания.

Необходимо обоснованно выбрать современные типы сварочных полуавтоматов, сварочные установки, стремясь к наибольшей автоматизации и механизации сварочных процессов.

Список используемых источников должен включать все источники, используемые в процессе выполнения задания. Список используемой литературы должен содержать те источники, которые непосредственно использованы и на которые имеются ссылки в тексте. В список литературы необходимо включить государственные стандарты и стандарты предприятий, которые использовались при выполнении РГР.

В приложении размещаются дополнительные материалы, не нашедшие отражения в основной части РГР, но дополняющие ее. По тексту необходимо делать ссылки на приложения с указанием их номера. В приложении к пояснительной записке должны быть помещены материалы вспомогательного характера. Обязательными приложениями являются сборочный чертеж сварной конструкции; спецификация; операционная карта.

Операционная карта – документ, предназначенный для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических

процессов. Оформление операционной карты (приложение 4) производится в соответствии с 4-й группой стандартов ЕСТД. Требования к заполнению и оформлению технологических документов на основные и сопутствующие процессы и операции, специализированные по методам сборки (включая сварку) устанавливаются в соответствии с гост 3.1407–86 «Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки».

1.3 Требования к содержанию и критерии оценки РГР

Защита РГР проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме РГР. При защите РГР студент должен показать глубокие знания по всем вопросам, затронутым в РГР, как определяющим, так и смежным.

Основными критериями оценки РГР при ее проверке являются: глубина и обоснованность изученного способа изготовления сварных конструкций; достаточная полнота, актуальность и логичность изложения материала; правильность оформления РГР и соблюдение предъявляемых требований к выполнению РГР. Проверенное задание студент получает вместе с замечаниями, с которыми необходимо ознакомиться и устранить до защиты.

На защите необходимо иметь при себе РГР (расчетно-пояснительную записку с приложениями), замечания руководителя. Если было рекомендовано дописать какой-то раздел или переписать его заново, необходимо переписанный материал вновь предоставить к защите.

К защите не допускается РГР, выполненная студентами самостоятельно, а также полностью не соответствующее требованиям, предъявляемым к содержанию, изложению и оформлению РГР. Если РГР не допущена к защите, ее нужно переписать с учетом замечаний руководителя и повторно сдать на проверку.

РГР защищается в сроки, установленные преподавателем, в соответствии с графиком учебного процесса. Оценка выставляется на основании соответствия содержания РГР, предъявляемым требованиям и по результатам защиты. Студент, не защитивший расчетно-графическую работу, к зачету по дисциплине «Технология конструкционных материалов» не допускается.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Индивидуальное задание студенту выдается преподавателем в виде чертежа литого изделия с указанием марки свариваемого металла и способа сварки. Данное литое изделие требуется заменить на сварную конструкцию, разбив его на составные части с учетом обеспечения технологичности сварных соединений.

После получения индивидуального задания в виде чертежа литой детали (таблица 1, приложение 1) студент должен разработать конструкцию сварной сборочной единицы взамен предложенной детали. При разбиении необходимо соблюдать рекомендации по обеспечению технологичности подготовки деталей под сборку и сварку, а также оптимизации конструкции сварного соединения.

Рисунки с указанными номерами представлены в приложении 2; марки сталей по группам свариваемости представлены в приложении 3.

Таблица 1 – Исходные данные

Номер варианта	Наименование конструкции	Номер рисунка	Способ сварки, ГОСТ	Марка стали
1	Опора	1	ГОСТ 5264-80	08Х20Н14С2
2	Крышка	2	ГОСТ 14771-76	20Х23Н18
3	Крышка	3	ГОСТ 14771-76	08Х18Н10
4	Крышка	4	ГОСТ 52680	09Г2С
5	Крышка	5	ГОСТ 52680	10ХСНД
6	Крышка	6	ГОСТ 14771-76	15ХСНД
7	Крышка	7	ГОСТ 5264-80	14ХГС
8	Фланец	8	ГОСТ 14771-76	15Х1М1Ф
9	Фланец	9	ГОСТ 5264-80	12Х18Н10Т
10	Фланец	10	ГОСТ 14771-76	30Х13
11	Серьга	11	ГОСТ 5264-80	25Х13Н2
12	Фланец	12	ГОСТ 14771-76	40Х9С2
13	Фланец	13	ГОСТ 5264-80	Ст3Гпс
14	Крышка	14	ГОСТ 14771-76	40Х10С2М
15	Крышка	15	ГОСТ 14771-76	30ХГСН2А

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

3.1 Цель работы

Основной целью РГР является приобретение студентами навыков по практическому применению теоретических знаний, полученных при изучении курса «Технология конструкционных материалов». При разработке технологического процесса сварки необходимо в зависимости от марки стали, химического состава и механических свойств, размеров и типа соединения свариваемых деталей выбрать тип и марку электрода (электродной проволоки), определить разделку кромок, осуществить выбор типа соединения, сварочных материалов, рассчитать технологические параметры режима, подобрать сварочное оборудование, разработать операционную карту.

3.2 Задания к выполнению РГР

Задание 1. По данной аксонометрической проекции литой детали выполнить сборочный чертеж (сварной вариант), обозначить на нем сварные швы.

Ход выполнения задания 1:

1.1. Определить состав изделия по наглядному изображению. Обратить внимание на наименование изделия. Именно это наименование необходимо будет внести в основную надпись чертежа.

1.2. Выяснить, какие изображения необходимы для полного представления конструкции и взаимного расположения составных деталей сварного соединения.

1.3. Определить масштаб, в котором будет выполнен чертеж.

1.4. Распределить на формате изображения, учитывая необходимость нанесения габаритных и присоединительных размеров, а также основной надписи, и, по возможности, таблицы спецификации.

1.5. Выполнить виды, разрезы. Нанести габаритные и присоединительные размеры.

1.6. Оформить основную надпись чертежа и спецификацию.

1.7. На сборочном чертеже нанести обозначения сварных швов в соответствии с ГОСТ 2.312-76 «Единая систем конструкторской документации».

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений», способ сварки указать в соответствии с вариантом.

Задание 2. В соответствии с указанным способом сварки и основным материалом сварной конструкции выбрать расходные сварочные материалы.

Ход выполнения задания 2:

2.1. Дать характеристику основному материалу, указать его химический состав и механические свойства.

2.2. Дать характеристику расходным сварочным материалам, для покрытых плавящихся электродов или сварочной проволоки указать химический состав и механические свойства.

2.3. Определить, к какой группе свариваемости относится марка стали (основной материал сварной конструкции). Рассчитать эквивалентное содержание углерода. В случае необходимости рассчитать температуру предварительного подогрева.

Задание 3. В соответствии с указанным способом сварки и условным обозначением сварного соединения определить конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и сварного шва, рассчитать режимы сварки.

Ход выполнения задания 3:

3.1. Определить конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей.

3.2. Определить конструктивные элементы сварного шва.

3.3. Рассчитать основные и дополнительные режимы сварки.

Задание 4. Выбрать сварочное оборудование.

Ход выполнения задания 4:

4.1. В соответствии с указанным способом сварки выбрать основное сварочное оборудование, привести его технические характеристики.

Задание 5. Заполнить операционную технологическую карту в соответствии с ГОСТ 3.1407-86 ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки.

Ход выполнения задания 5:

5.1. Заполнить операционную технологическую карту (приложение 4 - пример оформления операционной карты).

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

4.1 Определение свариваемости и необходимости подогрева стали

Разница между сталями, обладающими хорошей и плохой свариваемостью, заключается в том, что для качественной сварки последних необходима более сложная технология (предварительный или сопутствующий подогревы, последующая термообработка и т.п.).

Разработке технологического процесса изготовления сварной конструкции из той или иной стали должна предшествовать оценка свариваемости этой стали. Различают физическую и технологическую свариваемость. Физическая свариваемость – это принципиальная возможность металла образовывать неразъемное монолитное соединение с химической связью. Технологическая свариваемость – это способность металлов под воздействием термомеханического цикла сварки образовывать сварное соединение с заданными механическими, эксплуатационными и специальными свойствами.

Одним из методов оценки склонности к образованию трещин при сварке сталей может служить расчетное определение углеродного эквивалента. Расчет ведется, исходя из влияния каждого легирующего элемента данной системы легирования по отношению к главному упрочняющему элементу системы - углероду:

$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2} \quad (1)$$

где C , Mn , Si , Cr , Ni , Cu , V , P - содержание углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора в стали в процентах соответственно.

В случае, если $C_s > 0,45...0,55$ %, в зависимости от толщины металла, рекомендуется применять предварительный подогрев, температура которого определяется по формуле:

$$T_{под} = 350 \cdot \sqrt{C_s - 0,25}, \quad (2)$$

где C_s - углеродный эквивалент.

4.2 Выбор режимов дуговой сварки

Сварка – процесс получения неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого

Режимом сварки называется совокупность основных параметров и технологических факторов сварочного процесса, обеспечивающая получение сварных швов и соединений требуемых размеров, формы и качества при оптимальной производительности.

Режимы сварки являются одним из важнейших элементов технологического процесса. Правильное назначение режима сварки позволяет снизить себестоимость работ, повысить производительность труда и качество сварных соединений.

Режим электродуговой сварки включает в себя следующие параметры:

- электрические: сила сварочного тока, $I_{св}$, А и напряжение на дуге, $U_{д}$, В;

- механические: скорость сварки, $v_{св}$ и скорость подачи электродной проволоки, $v_{п}$, м/ч;

- технологические: диаметр электродной проволоки (электрода), $d_{эл}$, мм; вылет электрода, $h_{эл}$, мм; угол наклона электрода к направлению сварки, $\alpha_{эл}$, град; расход защитного газа, Q , л/мин (при сварке в защитных газах).

К основным параметрам режима сварки относятся: сила сварочного тока, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр электродной проволоки (или электрода), скорость подачи электродной проволоки (для механизированных способов сварки). К дополнительным параметрам относятся: вылет электродной проволоки, род и полярность тока, марка электродов, сорт защитного газа и его расход и ряд других.

Химический состав металла шва, его структура и механические свойства зависят от долей основного и электродного (присадочного) металла, образующего шов. Доля основного металла в шве (γ_0) равна отношению площади проплавления основного металла ($F_{пр}$) к площади всего сечения шва ($F_{пр} + F_{н}$):

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{ПР}}}{F_{\text{ПР}} + F_H} \quad (3)$$

где F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм².

Для стыковых швов без зазора и без скоса кромок F_H и $F_{\text{ПР}}$ определяют по формулам:

- для первого прохода:

$$F_H = k_{\text{П}} \cdot e \cdot g; \quad (4)$$

$$F_{\text{ПР}} = k_{\text{ПР}} \cdot e_1 \cdot a; \quad (5)$$

- для второго прохода:

$$F_H = k_{\text{П}} \cdot e_1 \cdot g_1; \quad (6)$$

$$F_{\text{ПР}} = k_{\text{ПР}} \cdot e_1 \cdot a_1, \quad (7)$$

где $k_{\text{П}}$ – коэффициент полноты валика $k_{\text{П}} \approx 0,75$;

$k_{\text{ПР}}$ – коэффициент заполнения $k_{\text{ПР}} = 0,55 \dots 0,70$;

e, e_1 – ширина шва в первом и втором проходах соответственно, мм;

g, g_1 – высота усиления шва в первом и втором проходах, мм;

a, a_1 – глубина проплавления основного металла, мм.

Для типовых сварных соединений F_H можно рассчитать более точно по формулам, приведённым в таблице 2.

Величина γ_0 обычно находится в пределах:

- для швов без разделки $\gamma_0 = 0,65 \dots 0,70$;

- для швов с разделкой γ_0 зависит от формы разделки, но в любом случае значительно меньше.

Кроме соотношения долей основного и присадочного металла качество сварных швов зависит от формы шва, определяемой коэффициентами формы провара $\psi_{\text{пр}}$ и выпуклости (усиления) валика $\psi_{\text{в}}$:

- для стыковых швов:

$$\Psi_{\text{пр}} = \frac{e}{a}; \quad (8)$$

$$\Psi_{\text{в}} = \frac{e}{n} \quad (9)$$

- для угловых швов:

$$\Psi_{\text{пр}} = \frac{e}{a} = \frac{k \cdot \sqrt{2}}{a}; \quad (10)$$

$$\Psi_{\text{в}} = \frac{e}{n} \quad (11)$$

Таблица 2 - Рекомендуемые формулы для расчёта коэффициента F_H для основных типов сварных соединений

Условные обозначения	Формулы для расчета F_H
C4	$F_H = s \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g + 0,75 \cdot e_1 \cdot g_1$
C7	для первого прохода $F_H = 0,6 \cdot s \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g$
	для второго прохода $F_H = 0,6 \cdot (s - a) + 0,75 \cdot e_1 \cdot g_1$
C9, C21	со стороны разделки $F_H = s \cdot b + 0,5 \cdot (s - c)^2 \cdot \text{tg} \alpha + 0,75 \cdot e \cdot g$
	для подварочного шва $F_H = 0,75 \cdot e_1 \cdot g_1$
T1, T3	ручная дуговая сварка $F_H = 0,5k^2 + 1,05 \cdot k \cdot g$
	полуавтоматическая сварка $F_H = 0,5k^2 + 1,05 \cdot k \cdot g + 0,28 \cdot k \cdot b$
T7	со стороны разделки $F_H = s \cdot b + 0,5 \cdot (s - c)^2 \cdot \text{tg} \alpha + 0,75 \cdot e \cdot g$
	для подварочного шва $F_H = 0,5k \cdot k \cdot g$
H1	аналогично соединению H1

Значение коэффициента формы провара влияет на характер первичной кристаллизации и технологическую прочность сварных швов, то есть

стойкость против образования кристаллизационных трещин, вибрационных и ударных нагрузок. Например, большую склонность к трещинообразованию имеют узкие швы с большой глубиной проплавления или наоборот, широкие швы с малой глубиной проплавления. Поэтому значения коэффициентов $\Psi_{\text{пр}}$ и $\Psi_{\text{в}}$ должны находиться в пределах:

- для стыковых швов $1,5 \leq \Psi_{\text{пр}} \leq 5$; $7 \leq \Psi_{\text{в}} \leq 13$;

- для угловых швов $0,8 \leq \Psi_{\text{пр}} \leq 2$; $5 \leq \Psi_{\text{в}} \leq 7$.

Исходными данными для расчёта основных параметров являются: марка и толщина основного металла; способ сварки; тип и пространственное положение сварного соединения; конструктивные элементы и размеры подготовленных кромок свариваемых деталей и сварных швов; технологическая свариваемость металла.

Общий порядок расчёта режимов сварки предусматривает:

- выбор размеров сварных швов по стандартам (e, g, k , мм);
- расчёт или выбор по нормативам F_H и F_{II} , мм²;
- выбор или расчёт диаметра электродной проволоки ($d_{эл}$, мм);
- назначение глубины проплавления металла (a , мм);
- расчёт величины сварочного тока ($I_{св}$, А);
- расчёт и проверка на допустимую плотность тока (j_d , А/мм²);
- расчёт скорости сварки ($v_{св}$, м/ч);
- расчёт скорости подачи электродной проволоки ($v_{п}$, м/ч);
- расчёт напряжения на дуге (U_d , В);
- расчёт погонной энергии дуги ($q_{п}$, Дж/см);
- назначение вылета электродной проволоки ($h_э$, мм);
- назначение расхода защитного газа (Q , л/мин).

Расчёт режимов ручной дуговой сварки стыковых швов выполняют в следующей последовательности.

1) По ГОСТ 5264-80 выбирают размеры сварного шва.

2) В зависимости от толщины s свариваемого металла назначают диаметр электрода $d_{эл}$. При сварке вертикальных и потолочных швов диаметр электрода не должен превышать 4 мм, горизонтальных – 5 мм.

3) Рассчитывают площадь поперечного сечения наплавленного металла шва в соответствии с типом сварного соединения и характером разделки кромок, по формулам, приведённым в таблице 2.

В случае, если $F_H > 40$ мм², сварной шов должен быть многослойным. Общее количество проходов (валиков) в шве в этом случае определяют по формуле:

$$m = \frac{F_H - F'_H}{F''_H} + 1 \quad (12)$$

где F'_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла первого прохода шва: $F'_H = (6 \dots 8) \cdot d_{эл}$, мм², но не более 30...35 мм²;

F''_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла каждого последующего прохода: $F''_H = (8 \dots 12) \cdot d_{эл}$, мм², но не более 40 мм².

Площадь последующих проходов после определения их количества уточняют по формуле:

$$F''_H = \frac{F_H - F'_H}{m - 1} \quad (13)$$

$d_{эл}$ для первого прохода должен быть на 1 мм меньше, чем для последующих проходов.

4) Рассчитывают величину сварочного тока $I_{св}$. Расчёт возможен по нескольким вариантам:

- по допускаемой плотности тока j_d , А/мм²:

$$I_{св} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot j_d \quad (14)$$

где j_d – допустимая плотность тока, А/мм², выбирается согласно рекомендаций, приведенных в таблице 3.

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Таблица 3 – Допустимая плотность сварочного тока в электроде при ручной дуговой сварке

Вид покрытия	Диаметр стержня электрода, мм				
	2	3	4	5	6 и более
Основное (Б)	15,0-20,0	13,0-18,5	10,0-14,5	9,0-12,5	8,5-12,0
Рутиловое (Р)	14,0-20,0	13,5-19,0	11,5-15,0	10,0-13,5	9,5-12,5

- по эмпирическим формулам:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл}, \quad (15)$$

где K – коэффициент, выбираемый в зависимости от $d_{эл}$ (таблица 4):

Таблица 4 - Рекомендации по выбору коэффициента в зависимости от диаметра электрода

$d_{эл}$, мм	2	3	4	5	6
K , А / мм	25...30	30...45	35...50	40...55	45...60

$$I_{св} = d_{эл} (20 + 6) \cdot d_{эл}; \quad (16)$$

$$I_{св} = K_1 \cdot d_{эл}^{1,5}, \quad (17)$$

где $K_1=20...25$ – эмпирический коэффициент.

$I_{св}$ для первого прохода должна быть на 10...15% меньше, чем для последующих. При сварке в положениях отличных от нижнего, $I_{св}$ уменьшают на 15...20% – для вертикальных швов и на 25% – для потолочных.

5) Напряжение на дуге рассчитывают по формулам:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot I_{св} \quad (18)$$

$$U_d = \alpha + \beta \cdot L_d, \quad (19)$$

где α - коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах (функция внешней характеристики источника тока), $\alpha = 10...12$;

β - коэффициент, характеризующий падение на 1 мм длины столба дуги, (функция статической вольтамперной характеристики сварочной дуги)

$\beta = 2...2,5$;

L_d - длина дуги.

Для ручной сварки U_d обычно находится в пределах 20...36 В.

При проектировании технологических процессов напряжение на дуге не регламентируется и U_d может быть принят любым из указанного диапазона.

Косвенным параметром, обеспечивающим U_d в требуемых пределах, является длина дуги, которая должна составлять:

$$L_d = (0,5 \dots 1,2) \cdot d_{эл}, \text{ мм.} \quad (20)$$

б) Скорость сварки однопроводного шва рассчитывают как

$$v_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot F_H} \quad (21)$$

При сварке стремятся обеспечить не только требуемую скорость сварки, но и размеры сварного шва. Необходимо иметь в виду, что для нормально сформированного шва $e = (0,8 \dots 1,5) \cdot d_{эл}$ – без поперечных перемещений (колебаний) электрода и $e = (2 \dots 4) \cdot d_{эл}$ – с поперечными колебаниями электрода.

Общая скорость сварки ($v_{св}^{\circ}$) многопроводного шва равна

$$v_{св}^{\circ} = \frac{\alpha_H}{\rho \cdot \left[\frac{F'_H}{I'_{св}} + (m-1) \cdot \frac{F''_H}{I''_H} \right]} \quad (22)$$

где $I'_{св}$ – сила сварочного тока для первого прохода, А;

I''_H – сила сварочного тока для последующих проходов, А.

Скорость сварки для первого и последующих проходов:

$$v'_{св} = \frac{\alpha_H I'_{св}}{\rho \cdot F'_H} \quad (23)$$

$$v''_{св} = \frac{\alpha_H I''_c}{\rho \cdot F''_H} \quad (24)$$

Таким образом, следует различать скорости сварки одного прохода (то есть скорость перемещения дуги) и скорость сварки всего шва, так как для многопроходного шва скорость сварки будет в $(m-1)$ раз меньше скорости перемещения дуги. Кроме того, по условиям получения шва с хорошим формированием, а также по условиям утомляемости сварщика скорость перемещения дуги не должна превышать 15 м/ч.

7) Погонную энергию дуги (Дж/см) для однопроходного шва рассчитывают по формуле:

$$q_{II} = \frac{I_{св} \cdot U_{Д} \cdot \eta_{H}}{V_{св}} \quad (25)$$

где η_{H} – эффективный КПД нагрева изделия дугой: $\eta_{H}=0,7\dots0,75$;

$$V_{св} = \frac{V_{св} (м/ч)}{36}, \text{ см/с}; \quad (26)$$

- для многопроходного шва $V_{св} = V'_{св}$, $V_{св} = V_{св}^{II}$, см/с.

Для расчета q_{II} можно воспользоваться более простой формулой:

$$q_{II} = 655 \cdot F_H \quad (27)$$

8) Глубину провара (a , мм) (для шва без скоса кромок и без зазора) рассчитывают по формуле:

$$a = 0,01084 \cdot \sqrt{q_{II}} \quad (28)$$

При наличии скоса или зазора глубина провара будет больше, но не более 4 мм. Поэтому, например, стыковые швы без скоса кромок соединения С2 сваривают при толщине металла не более 4 мм, а соединения С7 – не более 5 мм с обязательным зазором.

4.3 Расчёт режимов ручной сварки угловых швов

Расчёт режимов ручной сварки угловых швов без скоса кромок сводится к следующей последовательности.

- 1) Назначают величину катета шва.
- 2) В зависимости от катета выбирают $d_{эл}$ (таблица 5).

Таблица 5 - Зависимость диаметра электрода от величины катета и пространственного положения шва

Катет шва, к, мм	Положения шва в пространстве		
	нижнее	вертикальное и горизонтальное	потолочное
	Диаметр электрода, $d_{эл}$, мм		
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	3	3
5	4	4; 5	4
6 - 8	5	4; 5	4

- 3) В зависимости от величины катета также выбирают площадь поперечного сечения наплавленного металла (таблица 6).

Таблица 6 – Площадь поперечного сечения наплавленного металла в зависимости от катета

k , мм	3	4	5	6	7	8	9	10
F_H , мм ²	12,1	14,5	20,9	27,7	31,8	40,5	49,8	60,3

При сварке в положениях, отличных от нижнего, F_H увеличивают: в вертикальном и горизонтальном положениях на 10%, в потолочном – на 20%.

За один проход можно сваривать швы катетом не более 8 мм. F_H не должна превышать 40,5 мм². При больших катетах и швах со скосом кромок сварку необходимо выполнять за два (и более) прохода.

- 4) $I_{св}$, U_d , $v_{св}$ и $q_{п}$ рассчитывают аналогично режимам для стыковых швов с учётом специфики угловых швов.

4.4 Расчет режимов механизированной сварки в защитных газах угловых швов без скоса кромок

Расчет режимов механизированной сварки в защитных газах угловых швов без скоса кромок выполняется в следующей последовательности:

1) В соответствии с требованиями регламентирующих документов выбирают катет углового шва k , мм.

2) В зависимости от выбранного катета углового шва, k , величины зазора b , мм, и способа сварки назначают расчётную глубину проплавления a , мм. Для полуавтоматической сварки во всех пространственных положениях и $d_{эл} < 1,4$ мм величину a рассчитывают по формуле:

$$a = 0,7 \cdot k + \frac{b}{\sqrt{2}} \quad (29)$$

Для механизированной полуавтоматической сварки в нижнем положении и $d_{эл} = 1,6; 2,0$ мм:

$$a = 0,85 \cdot k + \frac{b}{\sqrt{2}} \quad (30)$$

3) Выбирают $d_{эл}$, мм (таблица 7).

Таблица 7- Зависимость диаметра электродной проволоки от величины катета и пространственного положения шва

Толщина металла s , мм	Катет k , мм	Положение шва в пространстве		
		нижнее	вертикальное и гори-	потолочное
		Диаметр проволоки $d_{эл}$, мм		
от 2 мм и более	2	0,8	0,8	0,8
	3	1,0; 1,2; 1,4; 1,6	1,0; 1,2; 1,4	0,8; 1,0; 1,2; 1,4
	4	1,0; 1,2; 1,4; 1,6	1,0; 1,2; 1,4	1,0; 1,2; 1,4
	5 - 8	1,0; 1,2; 1,4; 1,6	1,0; 1,2; 1,4	1,0; 1,2; 1,4

4) В зависимости от катета выбирают значения F_H , мм².

Площадь F_H для пространственных положений, отличных от нижнего, увеличивают: для вертикального и горизонтального положения на 10%,

для потолочного - на 20%.

5) Проверяют условие технологической прочности (формула 31):

$$0,8 \geq \psi_{\text{пр}} \leq 2,0 \quad (31)$$

где $\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара: $\psi_{\text{пр}} = \frac{k\sqrt{2}}{a}$

6) Рассчитывают величину сварочного тока $I_{\text{св}}$, А:

$$I_{\text{св}} = \frac{100 \cdot a}{K_a} \quad (32)$$

Значение K_a , мм/А, определяют в зависимости от $d_{\text{эл}}$.

Для положений, отличных от нижнего, $I_{\text{св}}$ равен:

$$I_{\text{св}} = \varphi \frac{100 \cdot a}{K_a} \quad (33)$$

где φ - коэффициент уменьшения тока, выбираемый из таблицы 8.

7) Рассчитывают плотность сварочного тока, j , А/мм²:

$$j = \frac{I_{\text{св}}}{F_{\text{эл}}} \quad (34)$$

Расчётное значение j сравнивают с допустимым $j_{\text{д}}$, значения которого приведены в таблице 9.

Таблица 8 - Зависимость коэффициента уменьшения $I_{св}$ от величины k , пространственного положения шва и $d_{эл}$

Катег к, мм	Диаметр проволоки $d_{эл}$, мм	Положение шва в пространстве	
		вертикальное и горизонтальное	потолочное
		Коэффициент уменьшения сварочного тока, ϕ	
2	0,8	1,0	1,0
3	1,0	1,0	0,95
	1,2	1,0	0,95
	1,4	1,0	0,93
4	1,0	1,0	0,97
	1,2	0,97	0,90
	1,4	0,97	0,90
5	1,0	0,97	0,90
	1,2	0,97	0,90
	1,4	0,87	0,75
6	1,0	0,94	0,83
	1,2	0,87	0,78
	1,4	0,77	0,67
7	1,0	0,75	0,62
	1,2	0,72	0,62
	1,4	0,72	0,60
8	1,0	0,70	0,55
	1,2	0,65	0,55
	1,4	0,65	0,50

Таблица 9 - Зависимость j от пространственного положения шва и $d_{эл}$

Диаметр про- волоки $d_{эл}$, мм	Положение шва в пространстве		
	нижнее	вертикальное и горизонтальное	потолочное
	Допускаемая плотность сварочного тока $j_{д}$, А/мм ²		
0,8	100...260	100...260	100...220
1,0	100...280	100...220	100...190
1,2	100...220	100...165	100...140
1,4	90...180		80...100
1,6	80...175	-	-
2,0	60...160	-	-

8) Так как при автоматической сварке в CO_2 применяется только постоянный ток обратной полярности, U_d , В, рассчитывают как

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d}} \cdot I_{св} \quad (35)$$

для полуавтоматической сварки полученное значение по формуле (29) уменьшают на величину $\Delta U_d = f(d_{эл})$.

Для положения шва, отличного от нижнего, полученное по формуле значение должно быть уменьшено еще на 1...2 В.

9) Из справочников выбирают α_n , г/А·ч, и по формулам 6.18, 6.19, 6.21 определяют $V_{св}$, V_{II} , q_{II} .

При расчете V_{II} в формуле 6.19 значение поправочного коэффициента k_v определяют по формуле:

$$k_v = 1 + \psi / 100 \quad (36)$$

где $\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2$

10) В зависимости от $d_{эл}$, выбирают $h_{эл}$, мм.

11) Определяют расход защитного газа (для CO_2 по таблице 10).

Расчёт режимов механизированной сварки в защитных газах угловых швов со скосом кромок выполняют аналогично методике для ручной сварки с учётом специфики сварки в защитных газах.

Таблица 10 - Расход углекислого газа при сварке судовых конструкций

Способ сварки	Диаметр проволоки <i>d</i> _{эл} , мм	Условия выполнения сварки	Расход углекислого газа, л/мин
Полуавтоматическая	0,8	Защищённые от ветра участки	6...8
	1,0; 1,2		8...12
	1,4; 1,6		10...14
	2,0		12...16
	1,0	Открытые площадки и стапели (скорость ветра до 7,0 м/с)	28...32
	1,2; 1,4		32...36

4.5 Структура технологического процесса

Технологический процесс состоит из различных технологических операций. Операции, в свою очередь, подразделяются на переходы. Нумерацию операций следует выполнять числами ряда арифметической прогрессии, например 5, 10, 15, 20 и т.д. Промежуточные цифры используются, при необходимости, для нумерации операций, разрабатываемых дополнительно или взамен аннулированных, ввиду изменения чертежа, уточнения технологического процесса и т.д. Нумерация аннулированной операции не применяется. Например, в МК аннулирована операция 15 и вместо нее вводятся две другие операции: одной из них присваивается номер 16, а другой 17, а номер 15 больше не применяется. В условиях обработки или проектирования документов с применением средств вычислительной техники нумерацию операций следует выполнять трехзначным числом, например 005; 010; 015 и т.д. Допускается применять четырехзначную нумерацию, например 0005; 0010; 0015; 0020 и т.д.

В зависимости от назначения технологические документы подразделяются на основные и вспомогательные. К основным относят документы, содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических задач. Они полностью и однозначно

определяют технологический процесс (операцию) изготовления или ремонта изделия. К вспомогательным относят документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций.

Документы общего назначения (ГОСТ 3.1105–84) применяются в отдельности или в комплектах документов независимо от применяемых методов изготовления. К ним относятся титульный лист (ТЛ), карта эскизов (КЭ) и технологическая инструкция (ТИ).

Титульный лист (ТЛ) – документ, предназначенный для оформления комплекта технологической документации или отдельных видов технологических документов. Он является первым листом комплекта технологических документов.

Карта эскизов (КЭ) – графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, и предназначен для пояснения выполнения технологического процесса, операции или хода изготовления или ремонта изделия.

Технологическая инструкция (ТИ) – документ предназначен для описания технологических процессов, методов, приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий, правил эксплуатации, средств технологического оснащения. Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации.

К документам специального назначения относятся документы, применяемые при описании технологических процессов в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий.

К наиболее часто применяемым при разработке единичных технологических процессов (ЕТП) относятся следующие документы:

Маршрутная карта (МК) – документ, предназначенный для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления изделия в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах. МК является обязательным документом. Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса.

Карта технологического процесса (КТП) – документ предназначенный для операционного описания технологического процесса изготовления

или ремонта изделия в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

Операционная карта (ОК) – документ, предназначенный для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.

В зависимости от степени детализации описания следует применять маршрутное, маршрутно-операционное и операционное описание. Вид описания выбирает разработчик документов в зависимости от типа производства и стадии разработки документов. Маршрутное описание следует применять для документов, разрабатываемых на стадиях «Предварительный проект» и «Опытный образец», и выполнять с применением краткой формы записи содержания (с применением допускаемых сокращений) по всем операциям в технологической последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание следует применять для документов, разрабатываемых на стадии «Опытный образец».

Операционное описание применяется при разработке документации серийного (массового) производства.

Оформление операционных карт (приложение 4) производится в соответствии с 4-й группой стандартов ЕСТД. Требования к заполнению и оформлению технологических документов на основные и сопутствующие процессы и операции, специализированные по методам сборки (включая сварку, пайку, клепку, монтаж и т. д.), устанавливаются в соответствии с ГОСТ 3.1407–86. При описании технологических процессов сварки и пайки, независимо от типа и характера производства, документы на основные операции должны предусматривать операционное описание с обязательным указанием режимов.

При применении форм МК, выполняющих функции документов других видов, их оформление следует выполнять в соответствии с правилами для документов применяемых видов, предусмотренными стандартами ЕСТД. При этом в графе блока Б6 основной надписи следует проставлять через дробь условное обозначение соответствующего вида документа,

функции которого выполняет МК, например МК/КТП, МК/ОК и т.д. При описании операции запись информации следует выполнять в следующем порядке с привязкой к служебным символам: А, Б, К/М, О, Т, Р.

При применении форм МК/ОК запись информации в графах, относящихся к служебным символам А и Б, следует выполнять по ГОСТ 3.1118–82 с учетом дополнений:

- в графе «Обозначение документа» следует приводить ссылки на применяемые ТИ и инструкции по охране труда (ИОТ);
- в графе «Код, наименование оборудования» дополнительно для сварочных операций, при необходимости, указывать род сварочного тока;
- не заполнять графы по трудозатратам, кроме граф «Тпз» и «Тшт», в которые следует вносить данные по суммарному вспомогательному и основному времени, соответственно.

Запись информации в графах, относящихся к служебным символам К/М, независимо от применяемых форм документов следует выполнять в порядке:

- информация о составных частях изделия;
- информация об основных и вспомогательных материалах на операцию.

Для внесения изменений следует оставлять незаполненными одну-две строки между информацией о комплектующих составных частях изделия и данных об основных и вспомогательных материалах, а также перед описанием содержания первого перехода.

При указании данных в графах, относящихся к служебным символам К/М, для операций сварки и пайки дополнительно допускается использовать после наименования деталей, сборочных единиц марку и толщину материала, а в графах, предусматривающих внесение информации по основным и вспомогательным материалам, следует указывать данные о материалах для сварки и пайки, включая присадочный материал, припой, газы, флюсы и т.п.

В содержание основных переходов допускается включать дополнительную информацию:

- данные по технологическим режимам, для которых типовые блоки не разработаны;
- размеры сварных или паяных соединений (не приведенные на КЭ).

Необходимость и целесообразность отражения дополнительной информации устанавливает разработчик документов. Для указания форм и размеров сварных соединений следует применять вспомогательные знаки и обозначения: по ГОСТ 2.312–72 – для сварных соединений.

Указание данных по технологической оснастке следует выполнять с привязкой к служебному символу Т в следующей последовательности:

- стапели (СТ);
- приспособления (ПР);
- вспомогательный инструмент (ВИ);
- слесарный и слесарно-монтажный инструмент (СЛ);
- режущий инструмент (РИ);
- специальный инструмент (СИ);
- средства измерений (СИ).

Требования к заполнению и оформлению технологических документов на процессы и операции по сварке устанавливаются ГОСТ 3.1407–86.

При описании операций сварки следует применять типовые блоки режимов, указанные в таблице 11.

Пояснения к обозначениям граф блоков режимов сварки представлены в таблице 12.

Студенту необходимо разработать операционную карту на технологический процесс сборки и сварки изделия. Форма операционной карты (первый и последующие листы), а также пример ее заполнения приведены в ГОСТ 3.1407–86 (форма 1, форма 1а).

Таблица 11 – Графы блоков режимов сварки

Обозначение	ПС	НП	ДС	lc	lэ	ПЛ	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк
Номер графы	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12

Таблица 12 – Содержание граф блоков режимов сварки

Номер графы	Условное обозначение графы при заполнении	Содержание графы
1	ПС	Обозначение положения сварки по ГОСТ 11969–79
2	НП	Номер прохода для многослойных сварных швов
3	ДС	Диаметр сопла для сварки в защитных газах со струйной защитой
4	lc	Расстояние от торца сопла до поверхности свариваемых деталей для дуговой сварки в защитных газах со струйной защитой
5	lc	Вылет электрода
6	ПЛ	Обозначение полярности (П – прямая, О – обратная)
7	U	Напряжение дуги
8	I	Сила сварочного тока
9	Vc	Скорость сварки
10	Vп	Скорость подачи присадочного металла
11	qоз	Расход защитного газа для основной защиты в единицу времени
12	qдз	Расход защитного газа для дополнительной защиты в единицу времени
13	qк	Расход защитного газа для защиты корня шва в единицу времени

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров Н.А. Производство сварных конструкций: учебно-методическое пособие по курсовому проекту по курсу Конструирование и расчет сварочных приспособлений: Н.А. Азаров. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 146 с.

2. Бурмистров, Е. Г. Основы сварки и газотермических процессов в судостроении и судоремонте [Электронный ресурс] : учебник / Е. Г. Бурмистров. – СПб. : Лань, 2017. – 552 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/96849>.

3. Задания по инженерной графике. Электронный сайт. URL: http://k-a-t.ru/ing_grafika/M-21/index.shtml (дата обращения 02.12.2018г.).

4. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением : учеб. пособие / [Г. Г. Чернышов и др.] ; под ред. Г. Г. Чернышова и Д. М. Шашина. – СПб. [и др.] : Лань, 2013. – 461 с. : ил., табл.

5. Основы сварки судовых конструкций : учебник / С. А. Андреев [и др.]. – СПб. : Судостроение, 2006. – 550, [1] с. : ил., табл.

6. Попова, Г.Н. Машиностроительное черчение: справочник. – 6-е изд., переработ. и доп. / Г.Н.Попова, С.Ю.Алексеев, А.Б.Яковлев. – СПб.: Политехника, 2013. – 484 с. : ил.

7. Паршин С.Г. Техника сварки. Техника ручной и механизированной сварки : учеб.пособие / С.Г.Паршин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 112 с.

8. Паршин, С.Г. Производство и применение сварочных материалов. Сварочные материалы для дуговой сварки. Металлические материалы : учеб. пособие / С.Г.Паршин, А.М.Левченко, П.Н.Хомич. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 88 с.

9. Паршин С.Г., Металлургические основы сварки. Свариваемость сталей и сплавов : учеб. пособие / С.Г.Паршин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 100 с.

10. Пашеева, Т. Ю. Технология сварки. Лабораторный практикум: учеб. пособие по дисциплинам "Технология сварки", "Сварка судовых конструкций" для студентов и курсантов, обучающихся по направлению подготовки 26.03.02 "Кораблестроение, океанотехника и системотехника объек-

тов морской инфраструктуры" (уровень бакалавриата)
/ Т. Ю. Пашеева. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. – 164 с. : ил.

11. Сварка. Резка. Контроль. В 2 т. Т. 1 : справочник / Н. П. Алешин [и др.] ; под ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышова. – М. : Машиностроение, 2004. – 619 с. : ил.

12. Сварка. Резка. Контроль. В 2 т. Т. 2 : справочник / Н. П. Алешин [и др.] ; под ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышова. – 478 с. : ил.

13. Смирнов, И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учеб. пособие для вузов / И. В. Смирнов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб. [и др.] : Лань, 2012. – 265 с. : ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

14. ГОСТ 5264 – 80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

15. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

16. ГОСТ 2.102-68. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

17. ГОСТ 3.1102-2011. Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Общие положения.

18. ГОСТ 3.1121-84. Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции).

Исходные задания для выполнения РГР

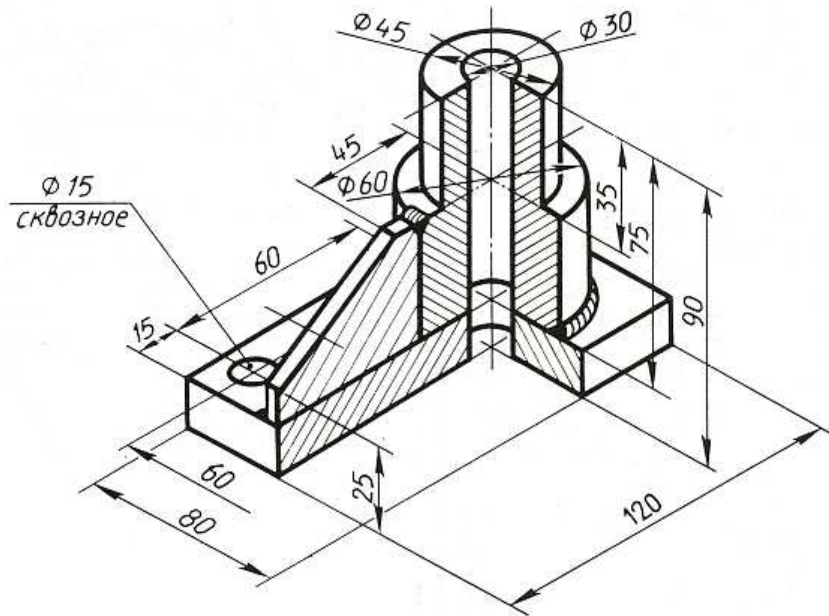


Рисунок 1 – Опора [10]

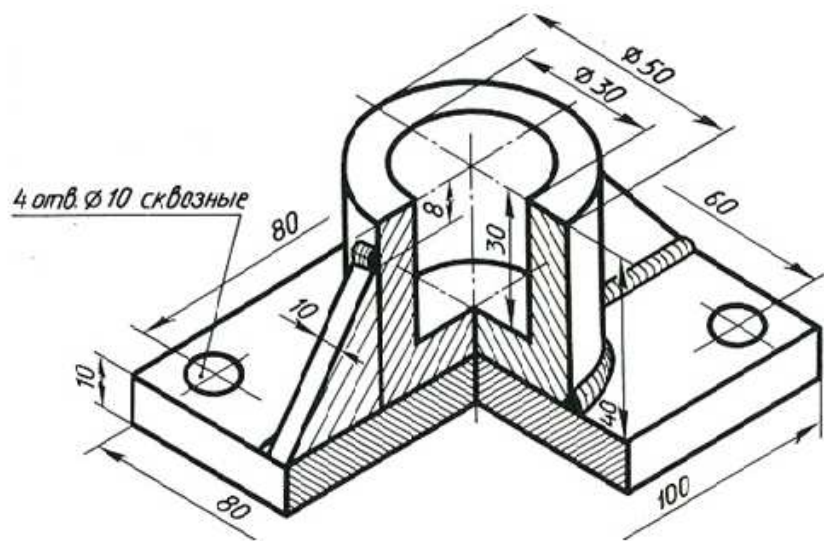


Рисунок 2 – Опора [10]

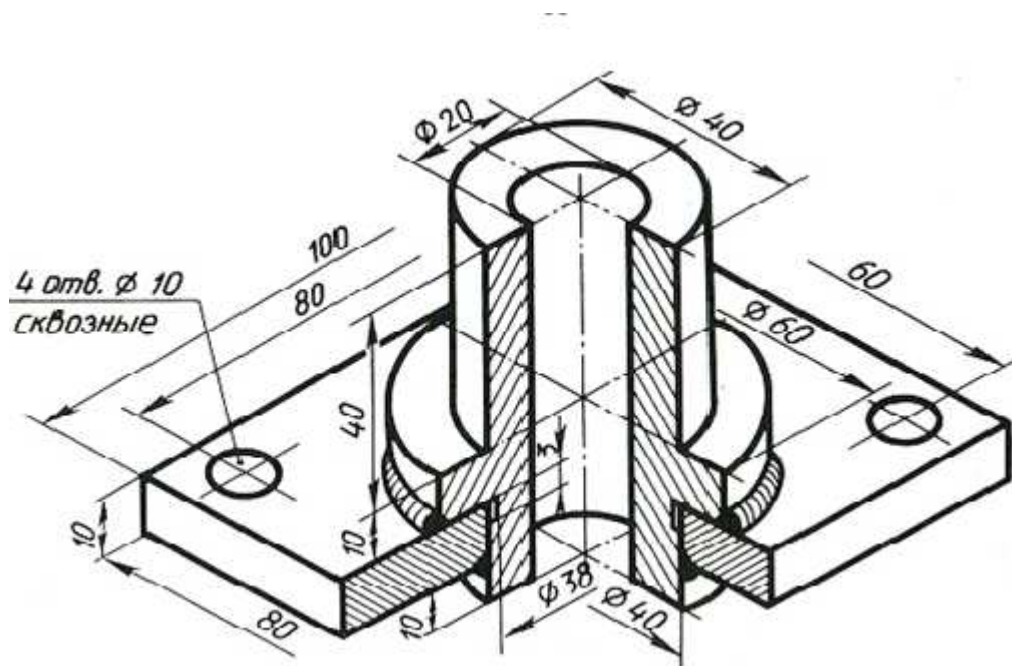


Рисунок 3- Крышка [10]

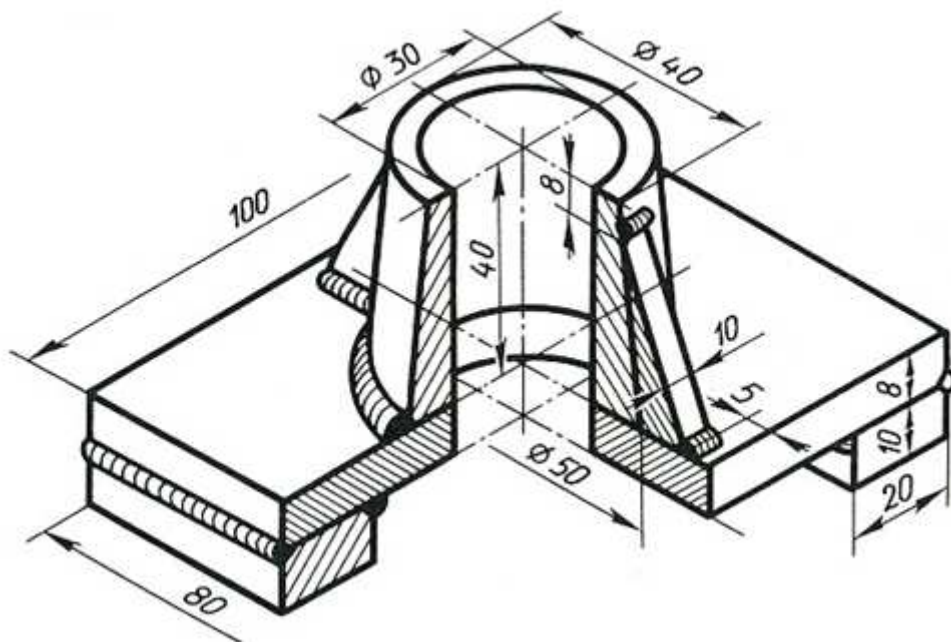


Рисунок 4 – Крышка [10]

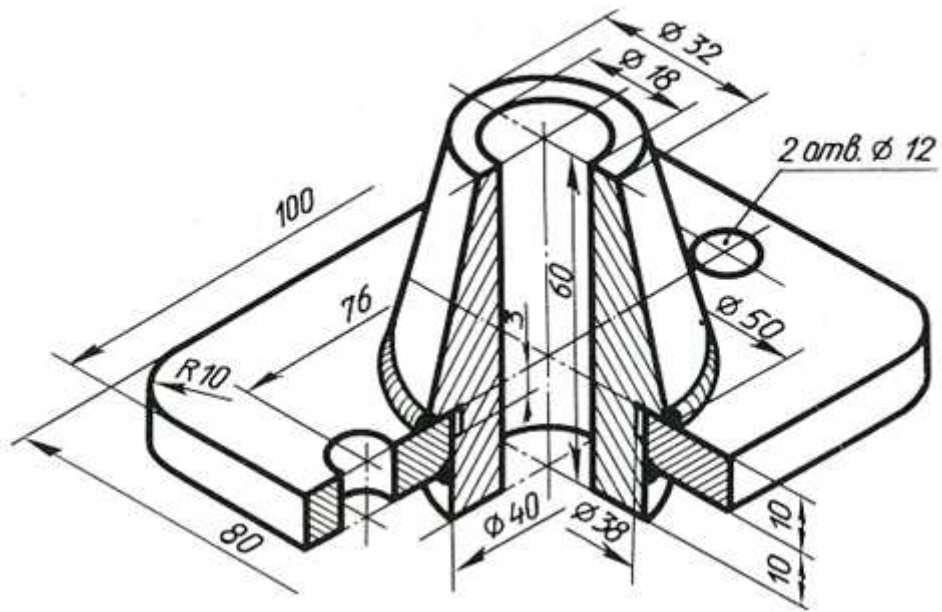


Рисунок 5 – Крышка [10]

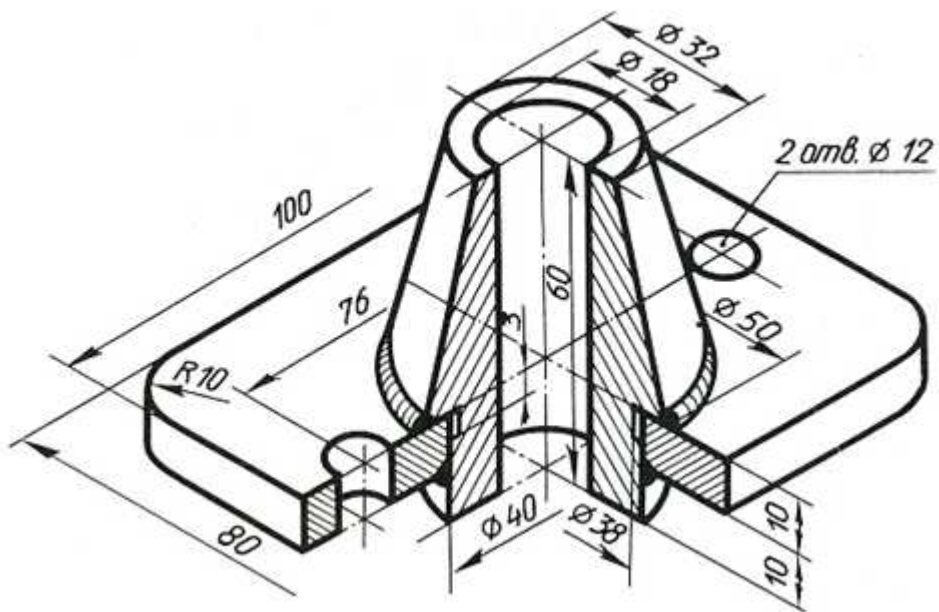


Рисунок 6 – Крышка [10]

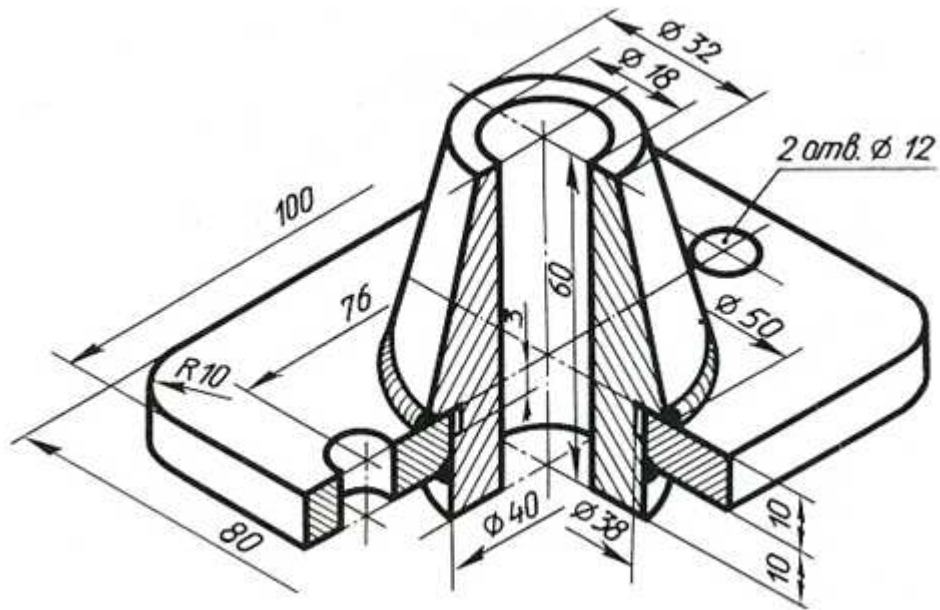


Рисунок 7 – Крышка [10]

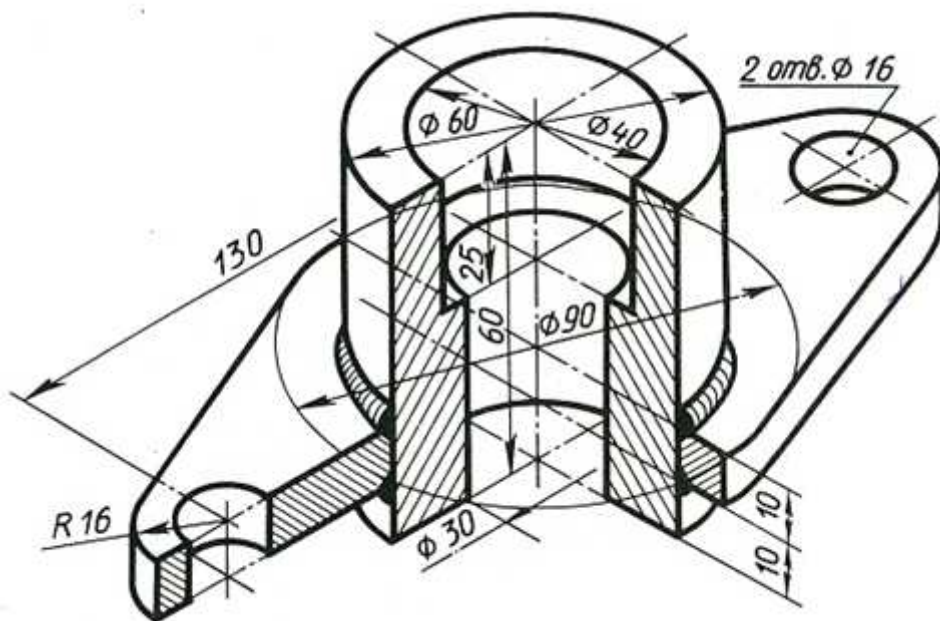


Рисунок 8 – Фланец [10]

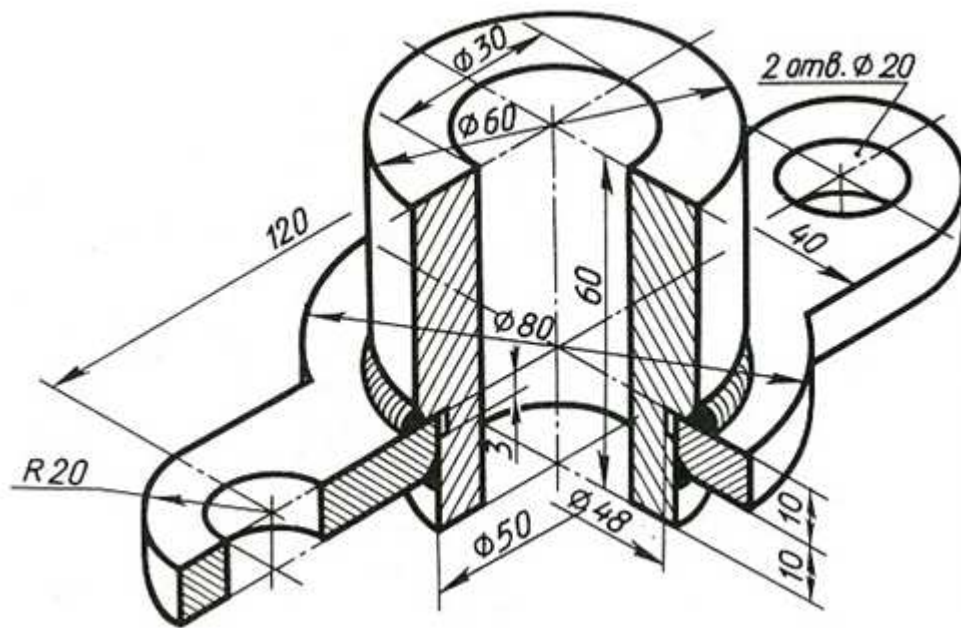


Рисунок 9 – Фланец [10]

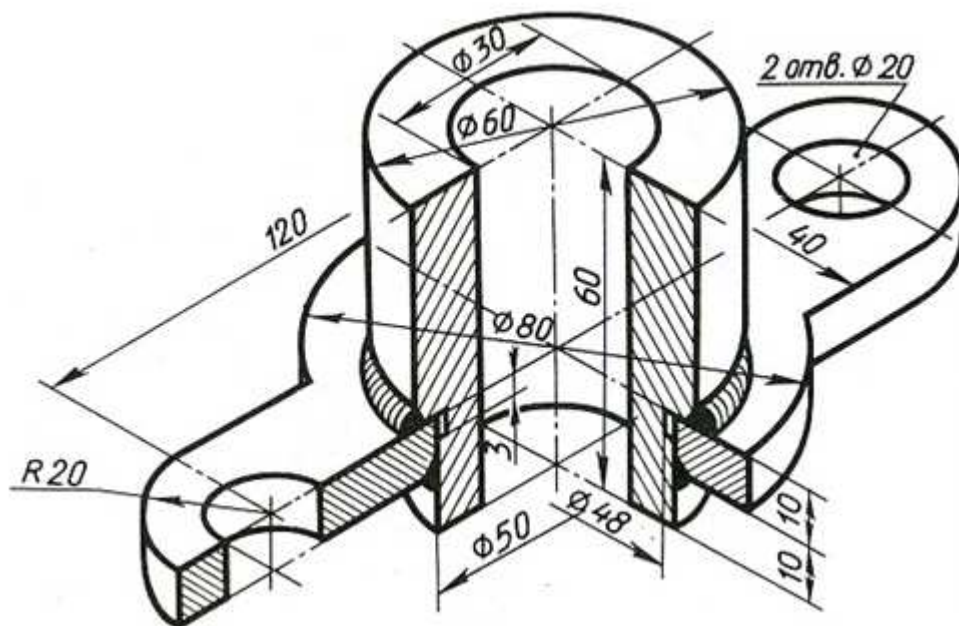


Рисунок 10 – Фланец [10]

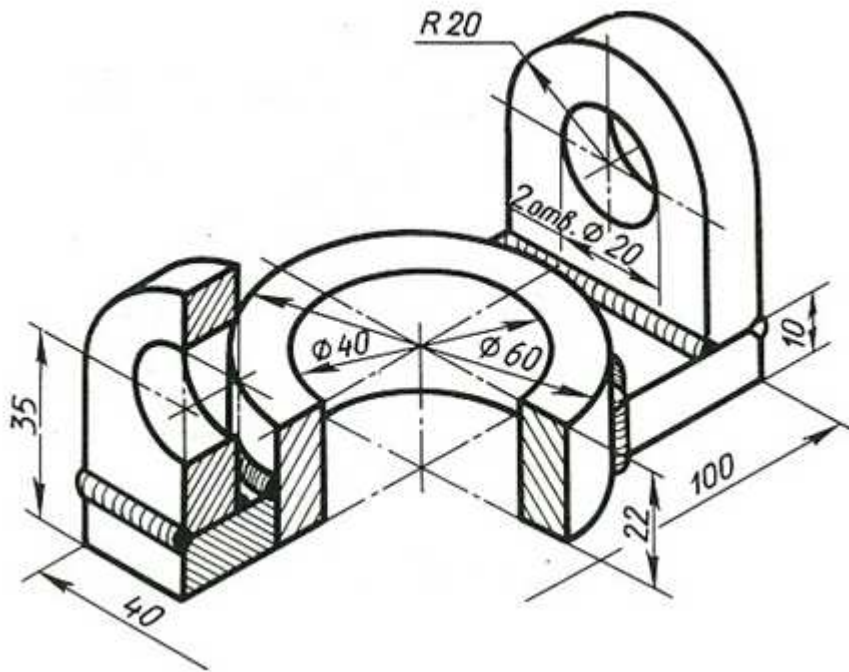


Рисунок 11 – Серьга [10]

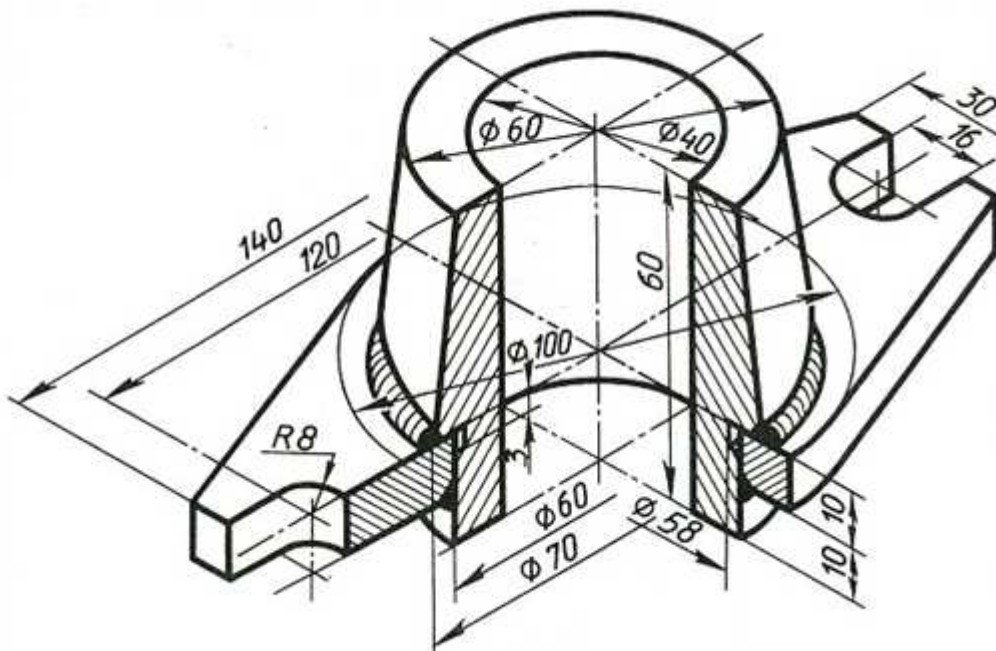


Рисунок 12 – Фланец [10]

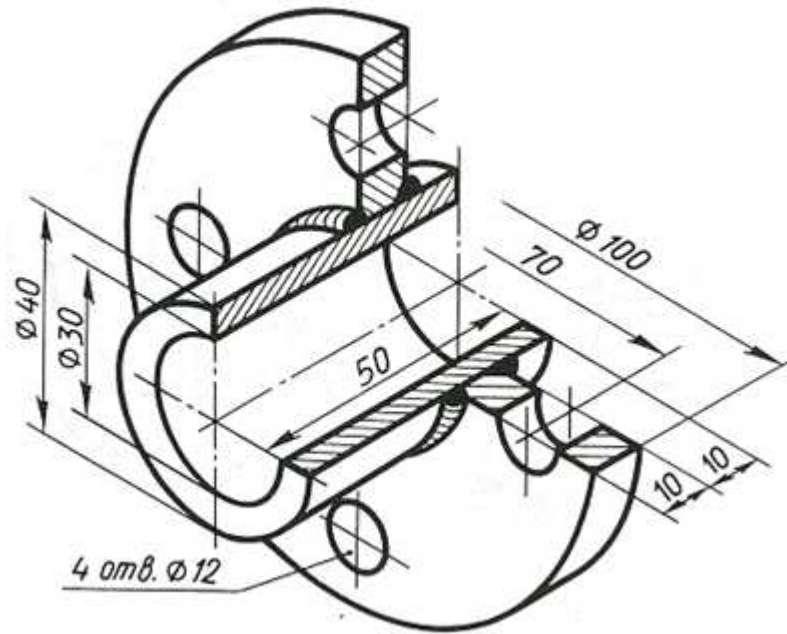


Рисунок 13 – Фланец [10]

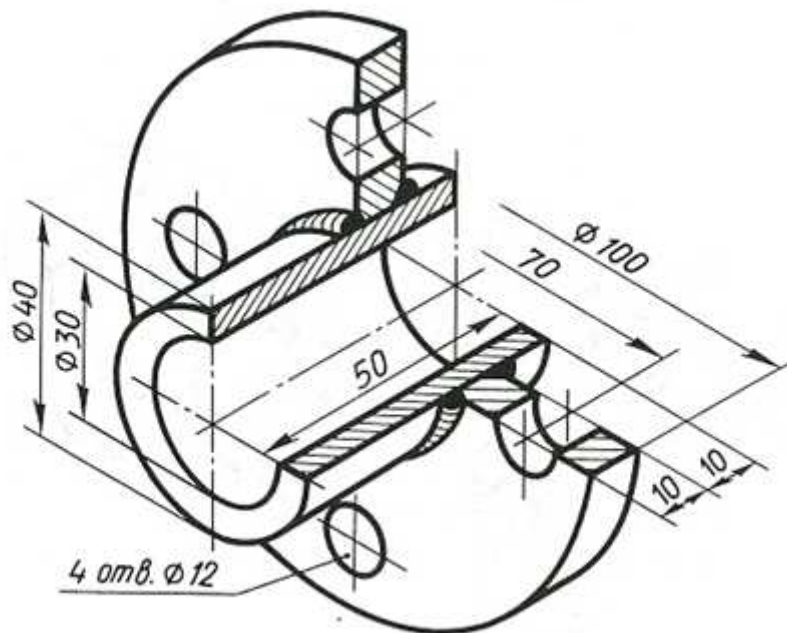


Рисунок 14 – Крышка [10]

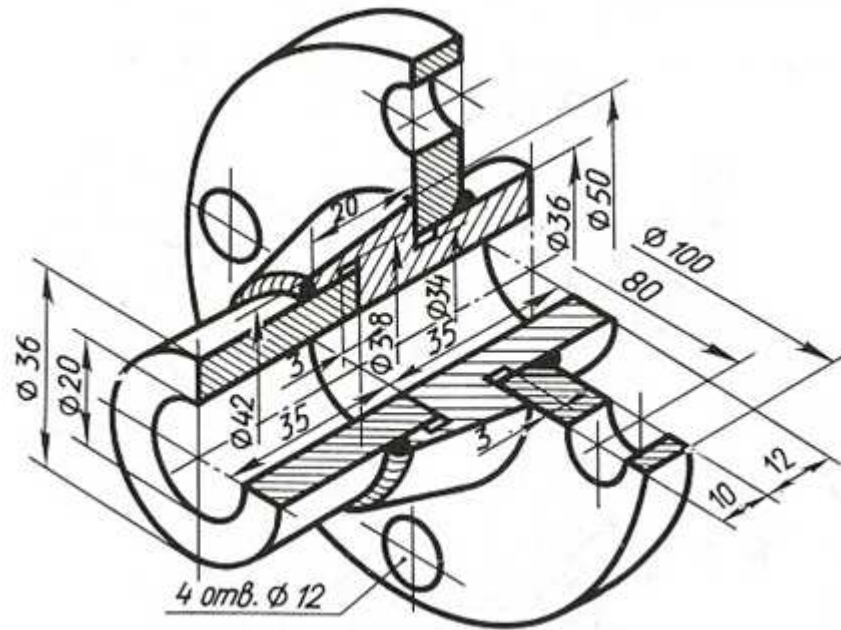


Рисунок 15 – Крышка [10]

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Распределение марок сталей по группам свариваемости

Группа свариваемости	C _{ЭКВ} , %	Марки сталей		
		Углеродистые	Легированные	Высоколегированные
I	$\leq 0,25$	ВСт1; ВСт2; ВСт3; ВСт4; Стали 08; 10; 15; 20; 25	15Г; 20Г; 15Х; 15ХА; 20Х; 15ХМ; 20ХГСА; 10ХСНД; 10ХГСН; 15ХСНД	08Х20Н14С2; 20Х23Н18; 08Х18Н10; 08Х18Н10; 12Х18Н9Т; 15Х5
II	$0,25 \leq C_{ЭКВ}, \% \geq 0,35$	ВСт5; Стали 30; 35	12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 20ХН; 20ХГСА; 30Х; 30ХМ; 25ХГСА	30Х3; 12Х17; 25Х13Н2
III	$0,35 \leq C_{ЭКВ}, \% \geq 0,45$	ВСт6; Стали 40; 45	35Г; 40Г; 45Г; 40Г2; 35Х; 40Х; 45Х; 40ХМФА; 40ХН; 30ХГС; 30ХГСА; 35ХМ; 20Х2Н4МА	17Х18Н9; 12Х18Н9; 35Х18Н9; 35Н18Н25С2; 40Х9С2
IV	$> 0,45$	Стали 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85	50Г; 50Г2; 50Х; 50НХ; 45ХН3МФА; ХГС; 6ХС; 7Х3	40Х10С2М; 40Х13; 95Х18; 40Х14Н14В2М; 40Х10С2М

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Условия сварки сталей различных групп свариваемости

Группа свариваемости	Условия сварки
I	Без ограничений в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины металла, жесткости конструкции, температуры окружающей среды.
II	Сварка только при температуре окружающей среды не ниже -5°C , толщине металла менее 20 мм и при отсутствии ветра.
III	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом до 250°C в жёстком диапазоне режимов сварки.
IV	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом и термообработкой после сварки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Пример оформления операционной карты [8]

										ГОСТ 3.1407-86		Форма 1												
Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
										ФЮРА 01100 00003		2	1											
Разраб.	Иванов И.И.			5.10.99	ТПУ, МСФ, каф. сварки		ФЮРА 612 800 507		ФЮРА 60191 00005															
Руковод.	Петров П.П.																							
Н.контр.	Сидоров С.К.				Балка тавровая						040													
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа														
Б	Код, наименование оборудования									См	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _м	Т _м	Т _м				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала									Обозначение, код														
РС1	ПС	НП	ДС	лс	лз	Пл	U	I	Ис	Ип	qоз	qдз	qк	Тн	Тп									
A01	10	1	1	015	Сварка				ИОТ 127															
B02	Стеллаж, трансформатор сварочный ТД-306											4			1									
M03	Электроды сварочные									MP-3, Ø3м														
O04	1. Заварить дуговой сваркой покрытыми электродами корневой слой шва																							
P05	Н	1					24	160																
T06	Электрододержатель, маска сварочная																							
O07																								
O08	2. Зачистить корневой слой шва от шлака																							
T09	Молоток, зубило, металлическая щетка																							
O10																								
M11	Электроды сварочные									MP-3, Ø4														
O12	3. Заварить дуговой сваркой покрытыми электродами заполняющий шов																							
P13	Н	1					24	160																
T14	Электрододержатель, маска сварочная																							
OK	Дуговая сварка покрытыми электродами																							

Пример выполнения графического задания

В рассматриваемом примере предложено выполнить сварную сборочную единицу (рисунок 16), состоящую из пяти деталей (рисунок 17).

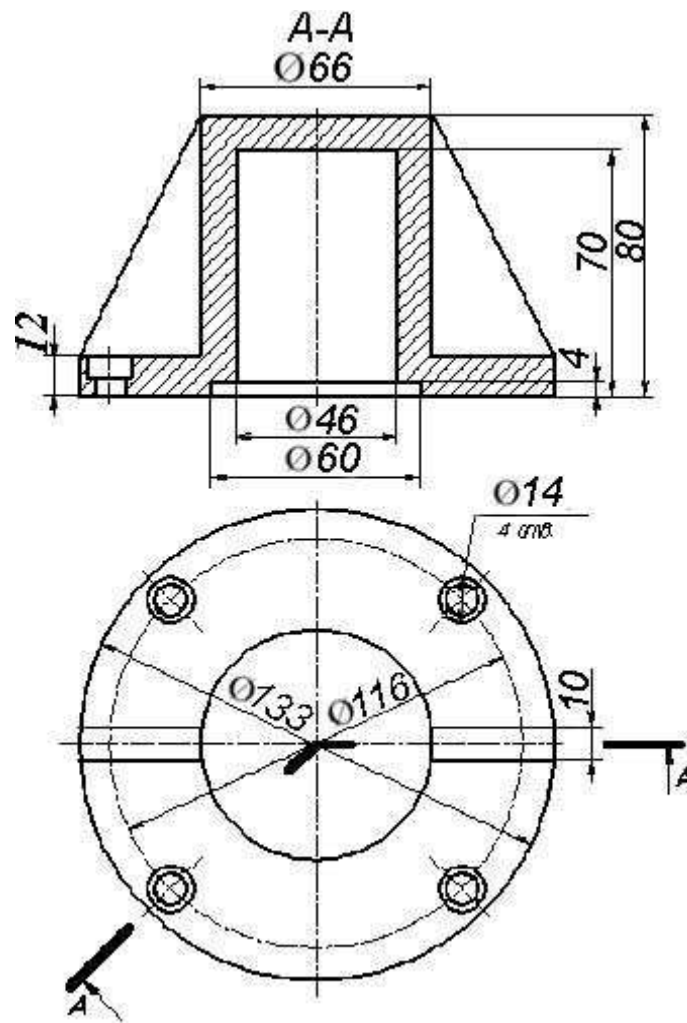


Рисунок 16 - Исходный чертеж детали

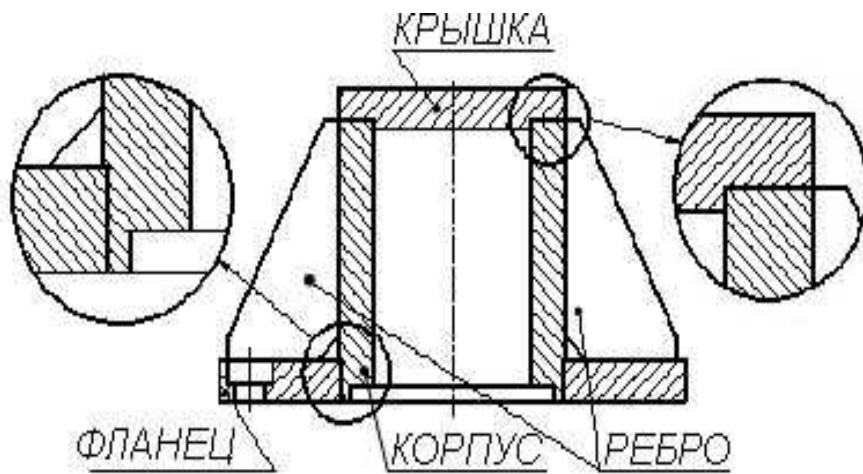


Рисунок 17 – Сварная сборочная единица,
состоящая из пяти деталей

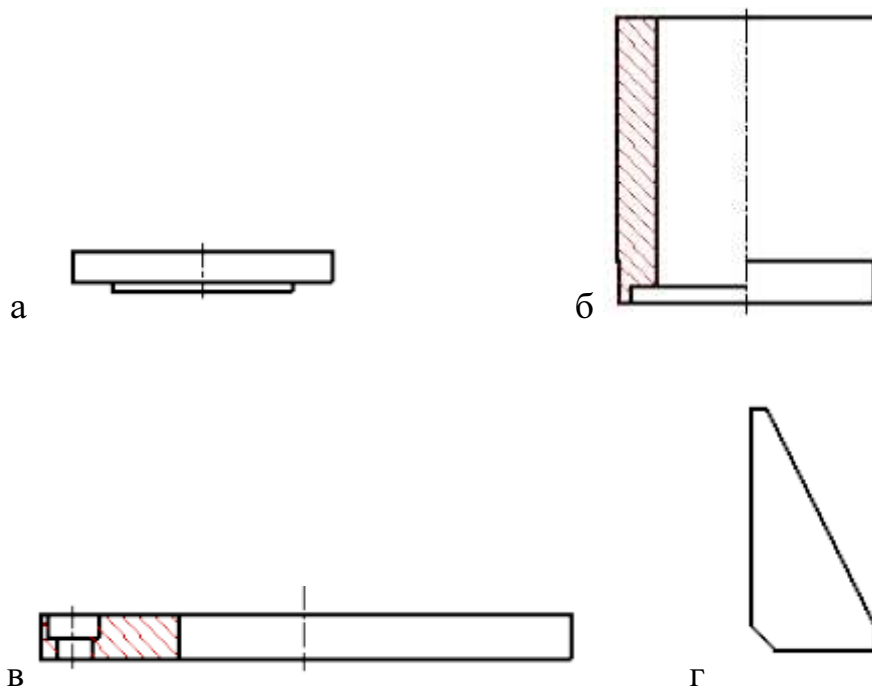


Рисунок 18 - Эскизы деталей, входящих в сварную сборочную единицу:
а – корпус, 1 шт.; б – крышка, 1 шт.; в – фланец, 1 шт.; г – ребро, 2 шт.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования
"Мурманский государственный технический
университет"

Кафедра технологии материалов и
судоремонта

**Расчетно-графическая работа
«Разработка технологического про-
цесса изготовления сварной кон-
струкции. Расчет режимов ручной
дуговой сварки»**

Методические указания к выполнению расчетно-
графической работы «Разработка технологического
процесса получения заготовок свободной ковкой»
по дисциплине «Технология конструкционных
материалов» для обучающихся по направлениям
подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная
техника и системы жизнеобеспечения» (уровень
бакалавриата), профиль «Холодильная техника и
технология», «Климатехника и системы
жизнеобеспечения» и 15.03.02 «Технологические
машины и оборудование» (уровень бакалавриата),
профиль «Пищевая инженерия малых
предприятий», «Машины и аппараты пищевых
производств»

Мурманск
2019

УДК 621.791 (075.8)

ББК 34.641я73

П 22

Составитель – Татьяна Юрьевна Пашеева,
канд. техн. наук, доцент кафедры
технологии материалов и судоремонта
Мурманского государственного
технического университета

Методические указания рассмотрены и
одобрены кафедрой технологии
материалов и судоремонта от 25 сентября
2019 г., протокол № 01/19

Рецензент – Петрова Наталья Евгеньевна,
канд. техн. наук, доцент кафедры
технологии материалов и судоремонта
Мурманского государственного
технического университета

*Электронное издание подготовлено в
авторской редакции*

Мурманский государственный технический университет
183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13 тел.
(8152) 403500

Уч.-изд. л. _____ Заказ __2592__

© Мурманский государственный
технический университет, 2019г.