

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. Обратит 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 ( $\gamma_0$ ) 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, мм<sup>2</sup>.

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  $\gamma_0$  обычно находится в пределах:

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

- для швов с разделкой  $\gamma_0$  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  $F_{II}$ , мм<sup>2</sup>;
- 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/мм<sup>2</sup>);
- 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  $F_H > 40$  мм<sup>2</sup>, 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:  $F'_H = (6 \dots 8) \cdot d_{эл}$ , мм<sup>2</sup>, но не более 30...35 мм<sup>2</sup>;

$F''_H$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла каждого последующего прохода:  $F''_H = (8 \dots 12) \cdot d_{эл}$ , мм<sup>2</sup>, но не более 40 мм<sup>2</sup>.

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/мм<sup>2</sup>:

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

где  $j_d$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>, 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  $\alpha$  - коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах (функция внешней характеристики источника тока),  $\alpha = 10...12$ ;

$\beta$  - 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  $\eta_{H}$  – 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 <sup>2</sup>	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 мм<sup>2</sup>. 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 горизонтальное	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  $F_H$ , мм<sup>2</sup>.

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  $\varphi$  - коэффициент уменьшения тока, выбираемый из таблицы 8.

7) Рассчитывают плотность сварочного тока,  $j$ , А/мм<sup>2</sup>:

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

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, $\phi$	
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 <sup>2</sup>		
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  $\text{CO}_2$  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  $\alpha_n$ , 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  $\text{CO}_2$  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> <sub>эл</sub> , 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](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

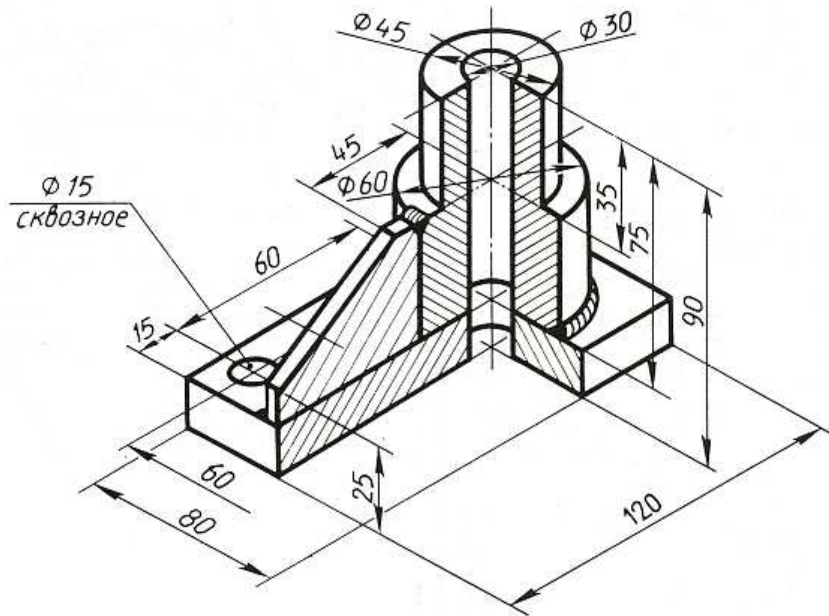


Рисунок 1 – Опора [10]

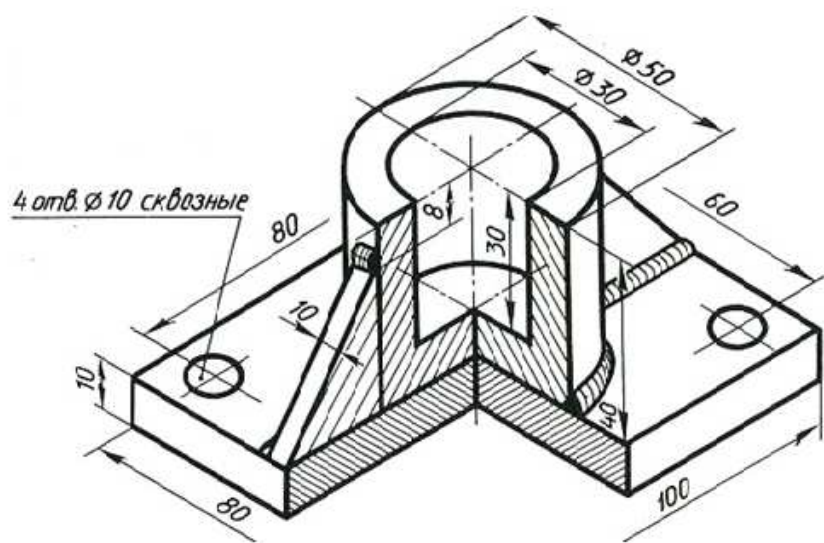


Рисунок 2 – Опора [10]

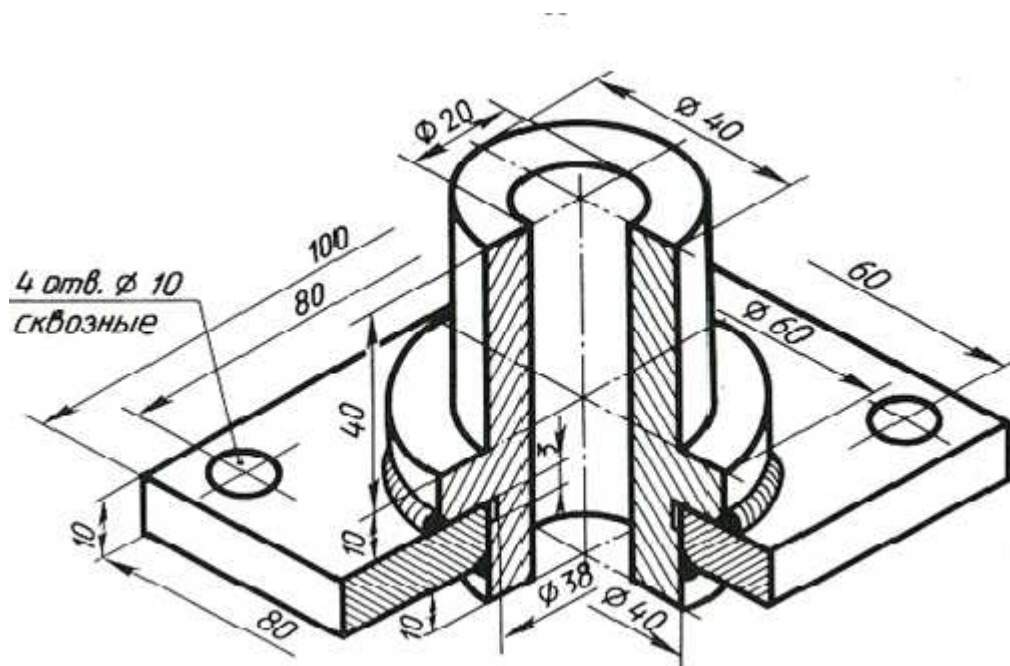


Рисунок 3- Крышка [10]

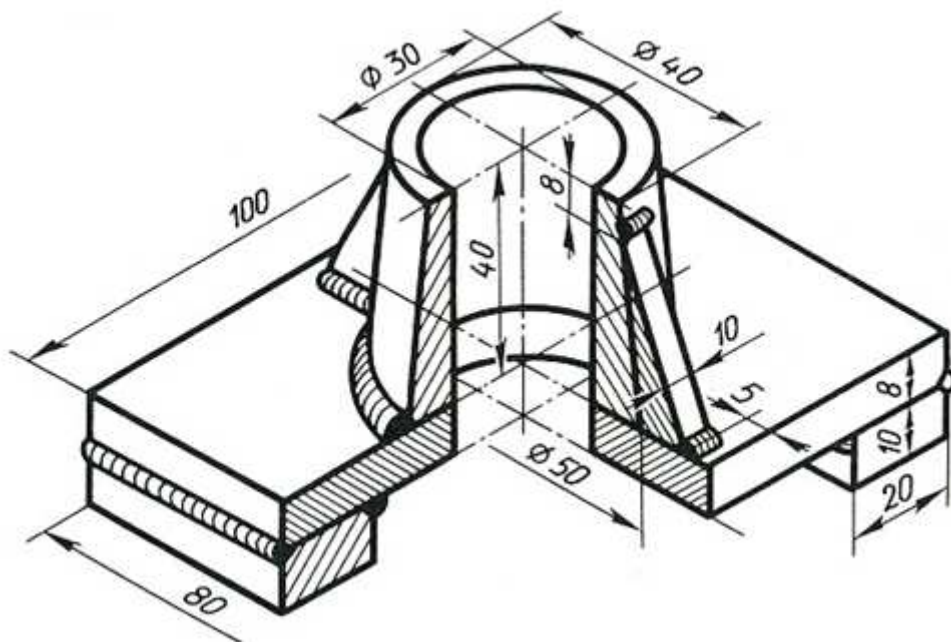


Рисунок 4 – Крышка [10]

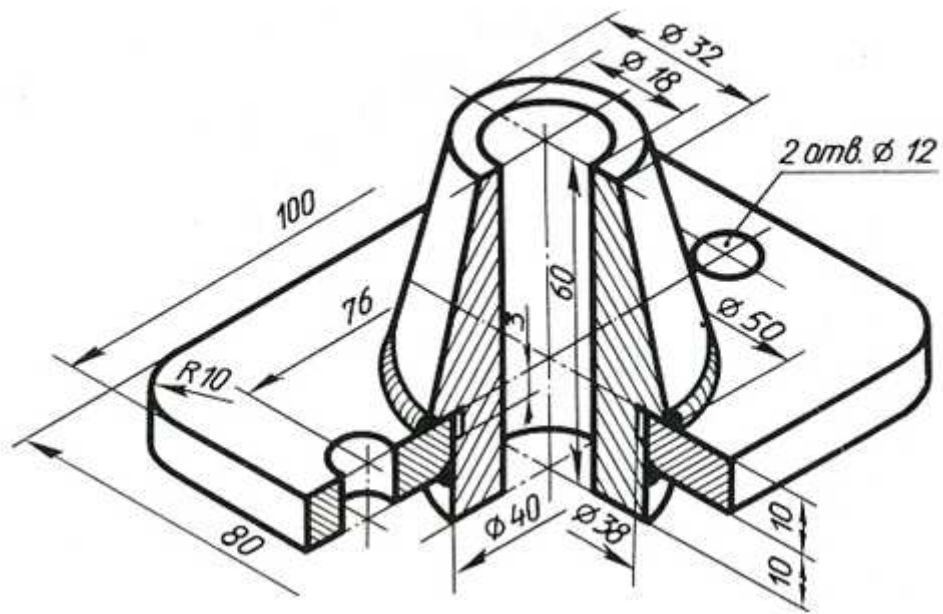


Рисунок 5 – Крышка [10]

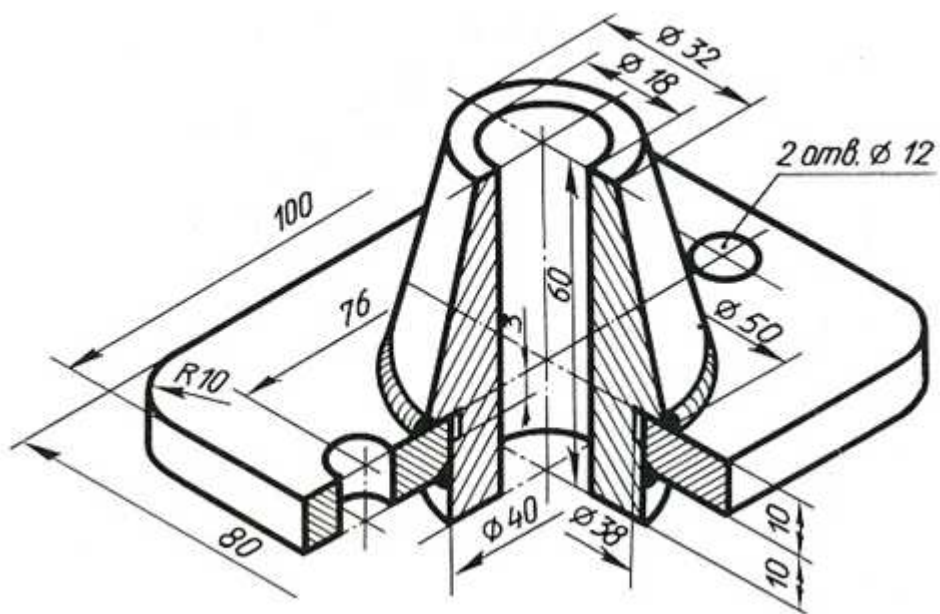


Рисунок 6 – Крышка [10]



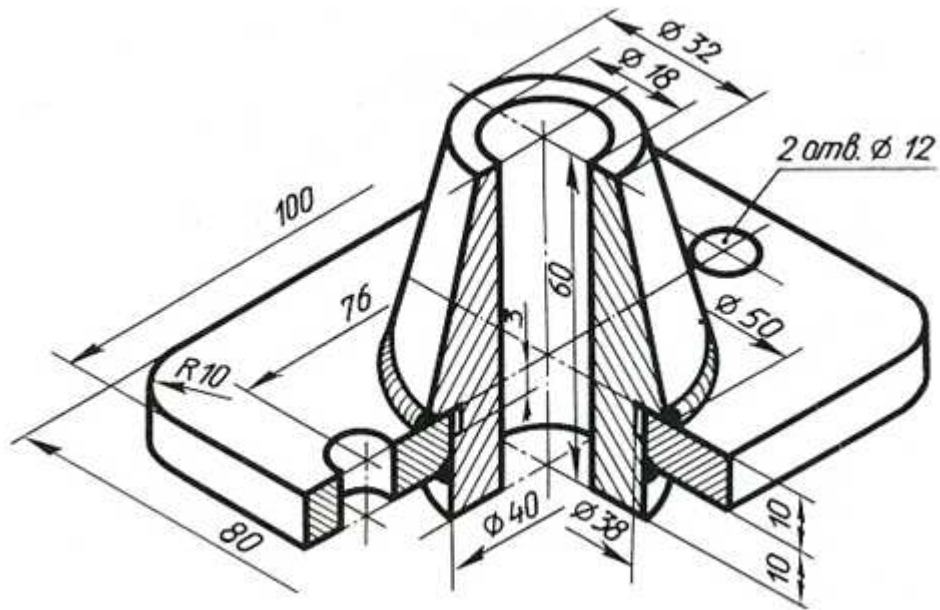


Рисунок 7 – Крышка [10]

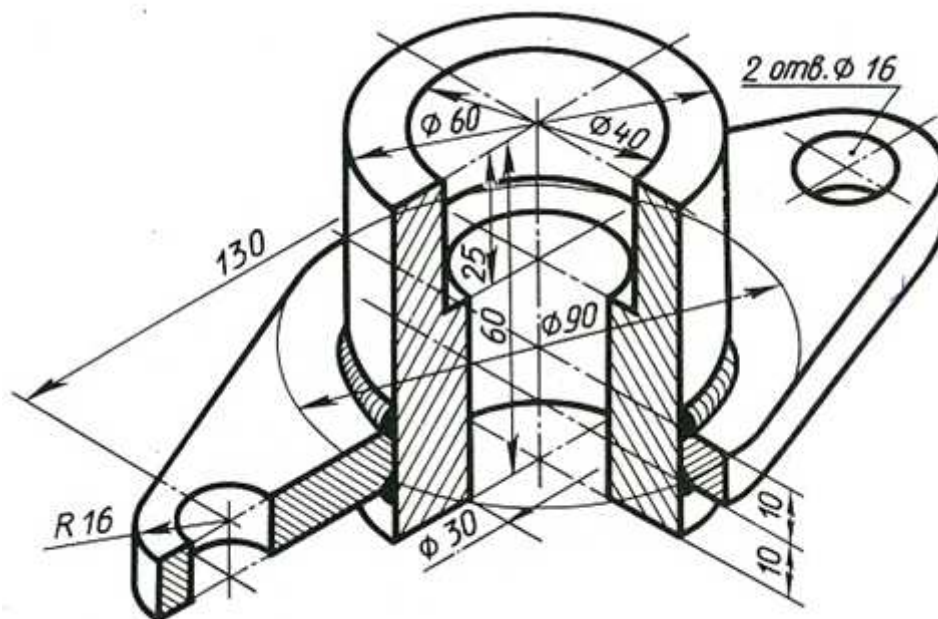


Рисунок 8 – Фланец [10]

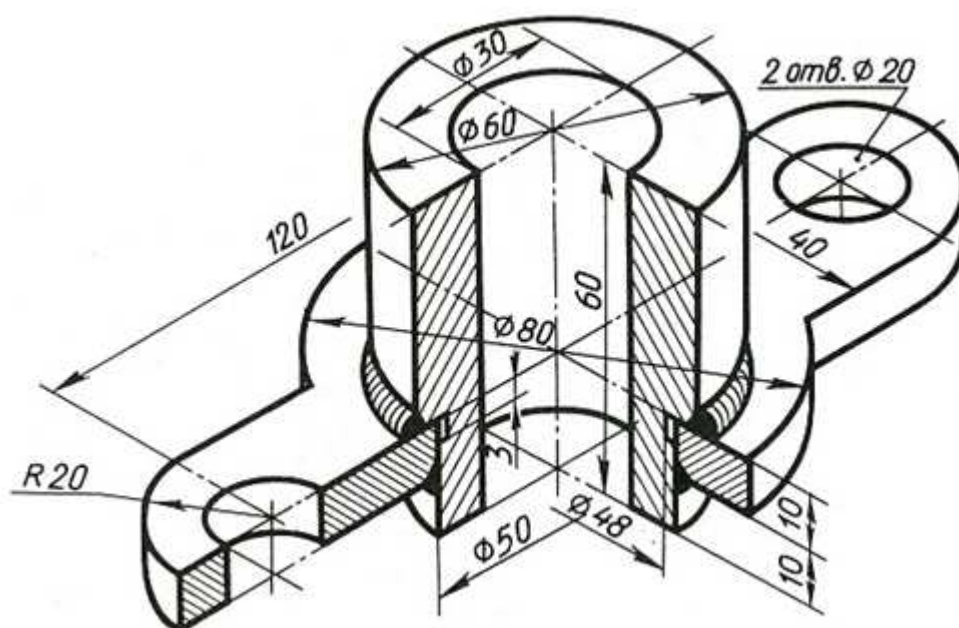


Рисунок 9 – Фланец [10]

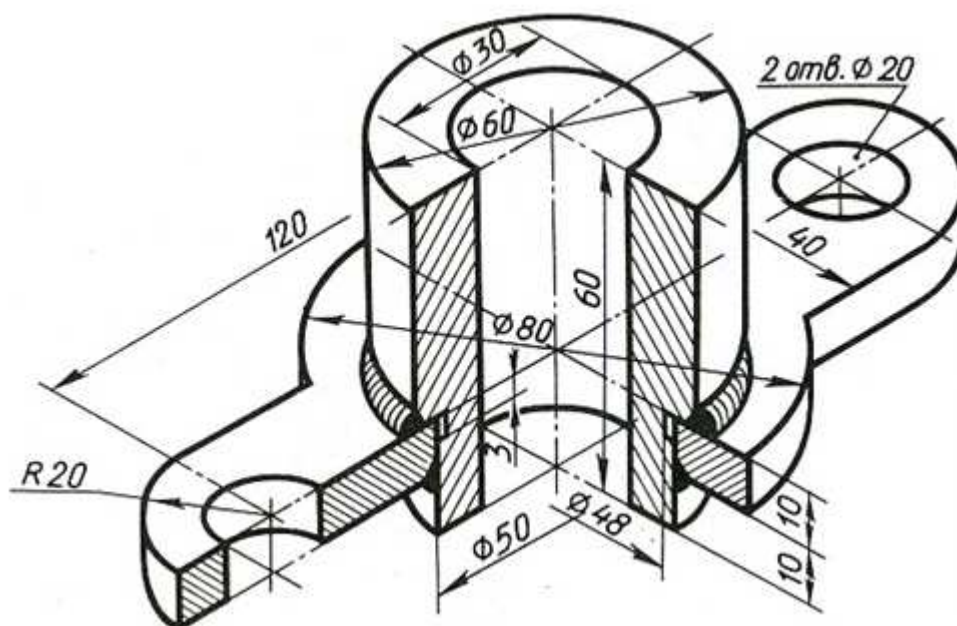


Рисунок 10 – Фланец [10]

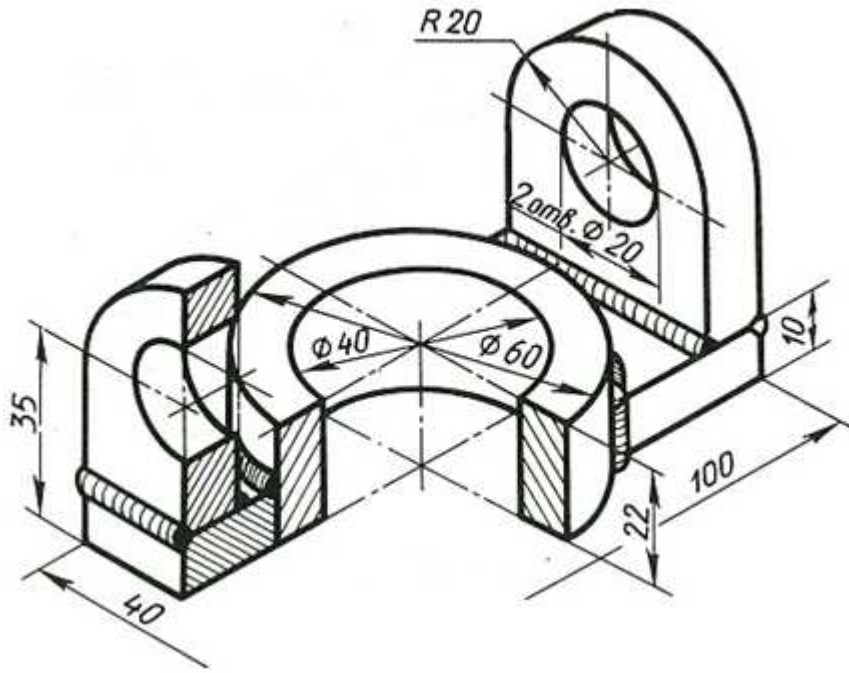


Рисунок 11 – Серьга [10]

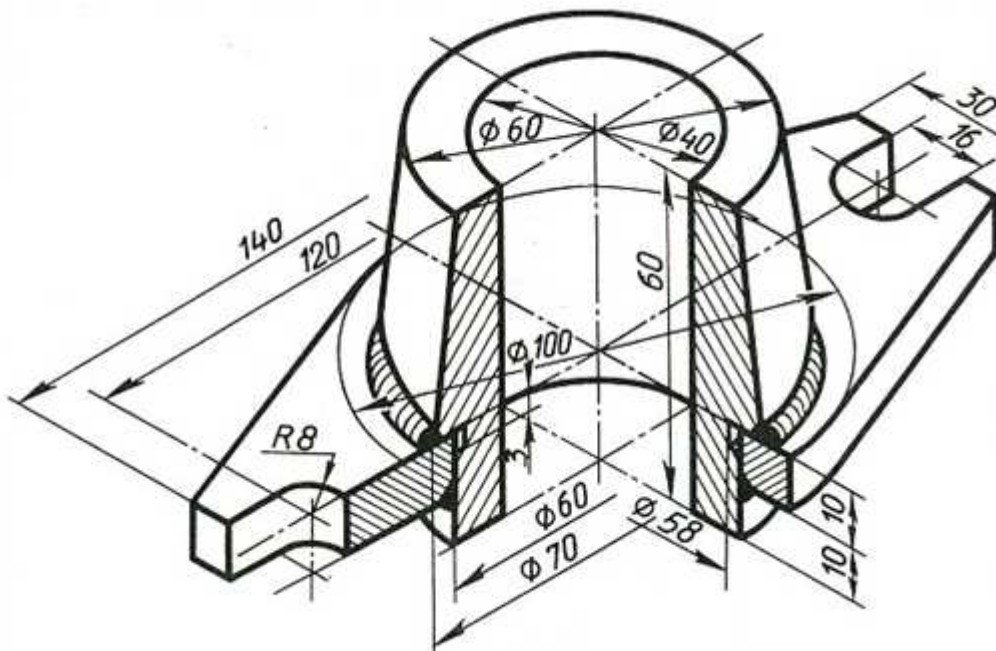


Рисунок 12 – Фланец [10]



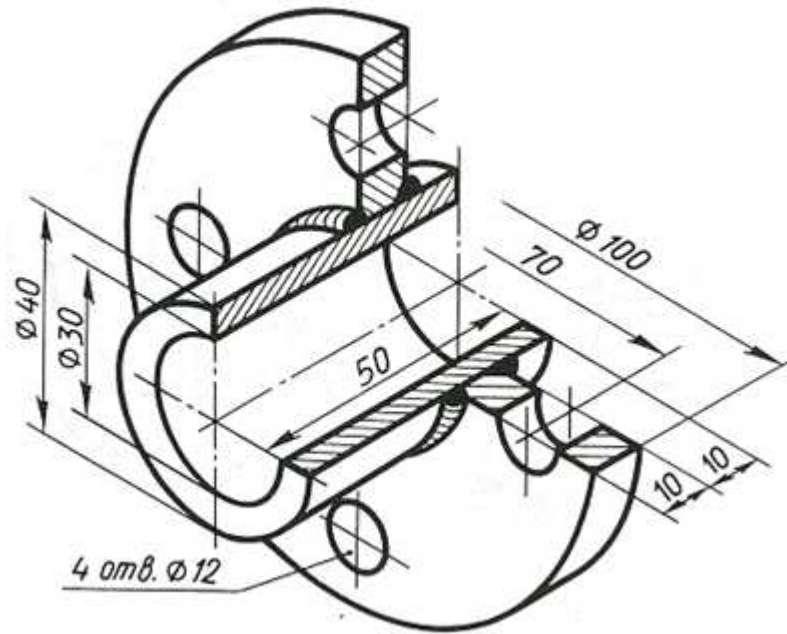


Рисунок 13 – Фланец [10]

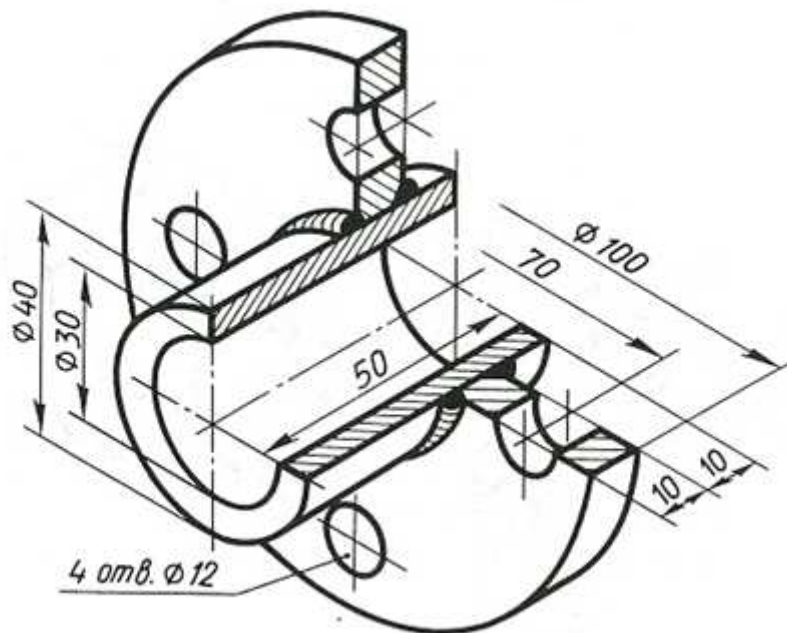


Рисунок 14 – Крышка [10]

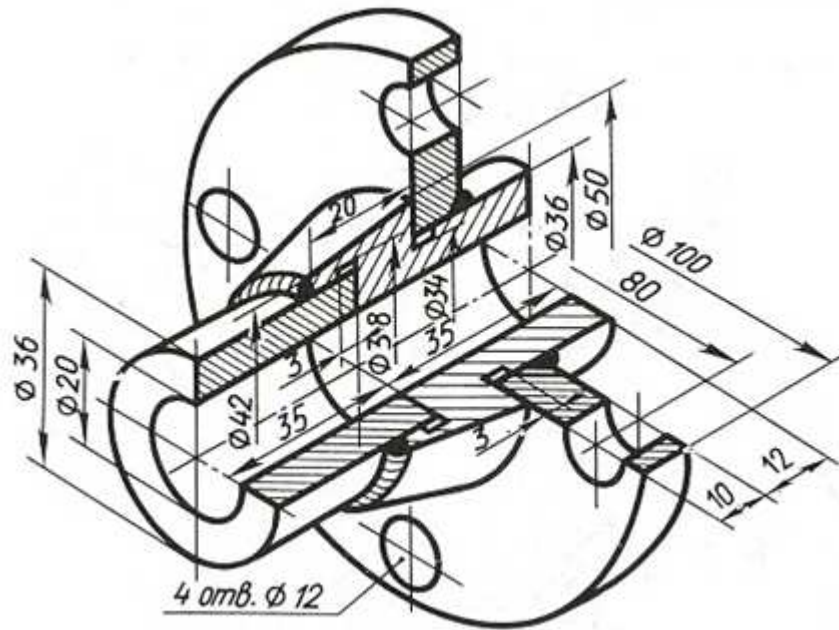


Рисунок 15 – Крышка [10]

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## Распределение марок сталей по группам свариваемости

Группа свариваемости	C <sub>ЭКВ</sub> , %	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 $-5^{\circ}\text{C}$ , толщине металла менее 20 мм и при отсутствии ветра.
III	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом до $250^{\circ}\text{C}$ 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 <sub>м</sub>	Т <sub>м</sub>	Т <sub>м</sub>
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.рас	
РС1	ПС	НП	ДС	лс	лз	Пл	U	I	Ус	Ун	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).

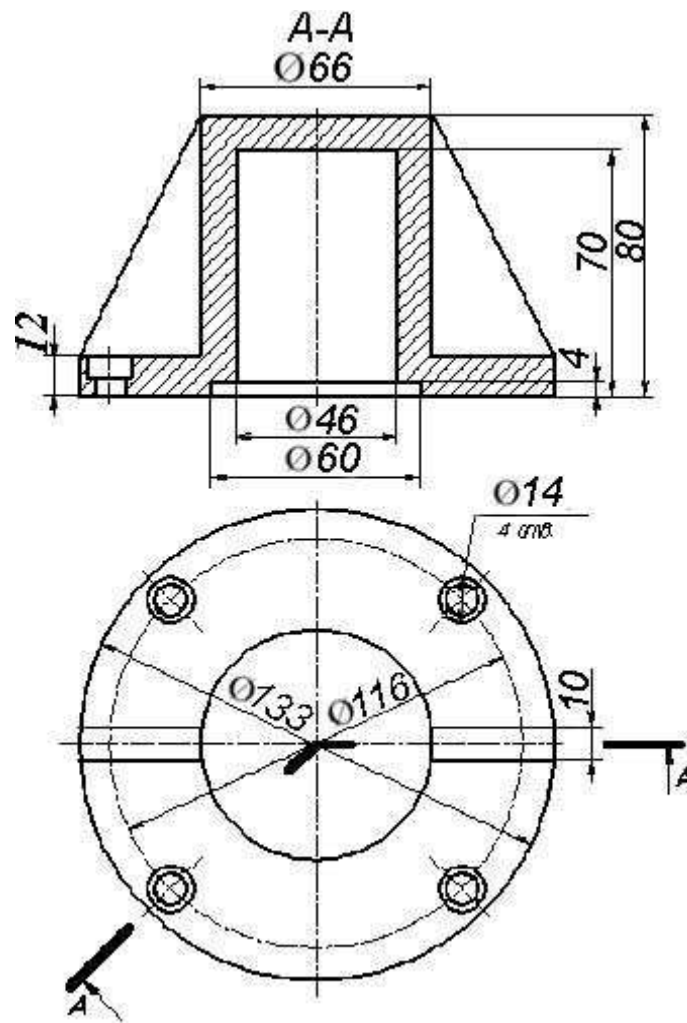


Рисунок 16 - Исходный чертеж детали

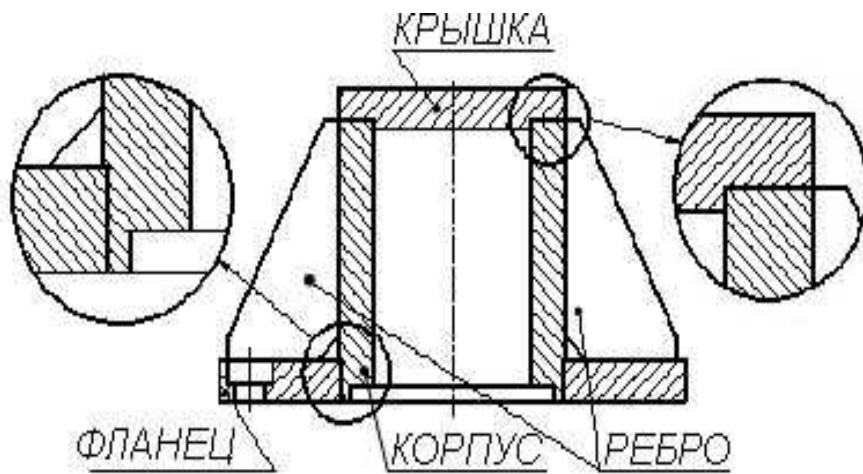


Рисунок 17 – Сварная сборочная единица,  
состоящая из пяти деталей

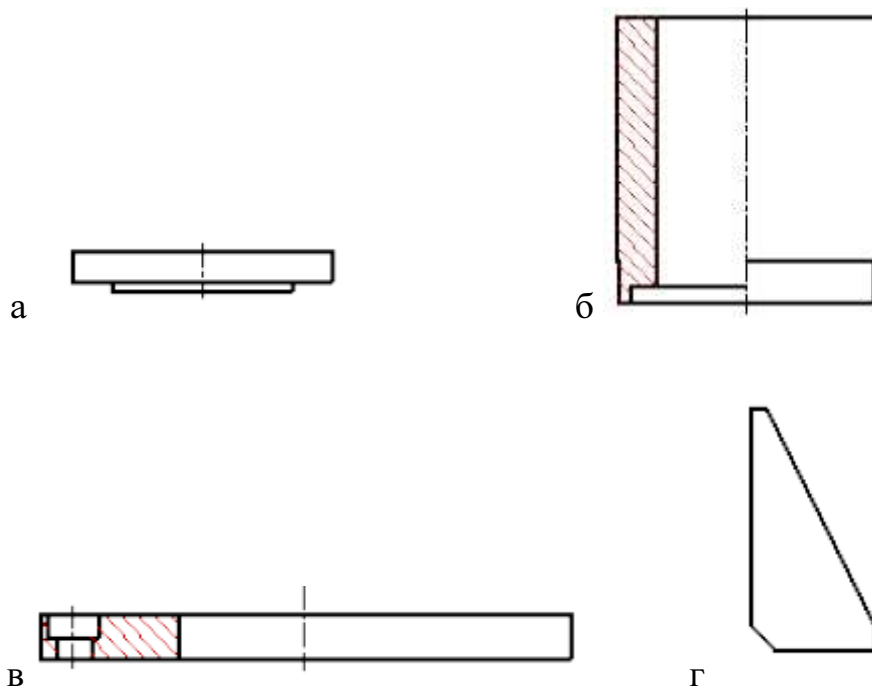


Рисунок 18 - Эскизы деталей, входящих в сварную сборочную единицу:  
а – корпус, 1 шт.; б – крышка, 1 шт.; в – фланец, 1 шт.; г – ребро, 2 шт.

**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.