

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология  
сварочного производства»

## **ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Методические указания для студентов  
специальности 1-36 01 06 «Оборудование  
и технология сварочного производства»*



Могилев 2014

УДК 621.791  
ББК 30.61  
Д 46

Рекомендовано к опубликованию  
учебно-методическим управлением  
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» « 21 » ноября 2013 г., протокол № 4

Составители: д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов;  
канд. техн. наук, доц. С. Н. Емельянов;  
канд. техн. наук, доц. Т. И. Бендик.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов

Методические указания предназначены для выполнения дипломного проекта студентами специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»

Учебное издание

## ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Ответственный за выпуск	В. П. Куликов
Технический редактор	А. Т. Червинская
Компьютерная верстка	Е. С. Фитцова

Подписано в печать . Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет»  
ЛИ № 02330/0548519 от 16.06.2009 г.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2014

## **1 Цель и задачи дипломного проектирования**

Дипломное проектирование является заключительным этапом обучения студента в вузе и имеет своей целью систематизацию, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности, развитие навыков их применения при решении конкретных научных, технических, экономических и производственных задач.

Во время дипломного проектирования студент должен овладеть методикой самостоятельной работы при разработке технологических процессов сварки металлоконструкций, проектировании производственных участков и цехов, технико-экономическом обосновании принимаемых решений.

Основой для выполнения дипломного проекта является материал, собранный студентом на предприятии во время преддипломной практики, а также результаты научных исследований, полученные самостоятельно в лабораториях кафедры или предприятия.

## **2 Выбор темы дипломного проектирования**

Дипломные проекты выполняются по трем направлениям, в связи с чем подразделяются на технологические, исследовательские и конструкторские.

Целью технологического дипломного проекта является проектирование участка сборки и сварки сварной конструкции или ее узла. Конструкция или узел должны быть достаточно объемными, чтобы при разработке технологии сварки, расчете необходимого количества оснастки, рабочих мест и персонала получился участок цеха или цех по производству металлоконструкции. Тема должна носить реальный характер с учетом перспектив развития базового предприятия и быть ориентированной на конструкции, которые могут быть реализованы на рынке товаров и услуг и обеспечить прибыльную работу предприятия.

Темы проектов должны быть направлены на повышение производительности труда, интенсификацию технологических процессов, разработку механизированных линий, содержащих робототехнические комплексы, разработку гибких автоматизированных производств, систем автоматизированного проектирования, прогрессивных лучевых и плазменных технологий, применение новых материалов, позволяющих снизить материалоемкость изделий, разработку новых сварных конструкций, обеспечивающих повышение их дизайнерского уровня, качества и конкурентоспособности на рынке.

Целью исследовательского дипломного проекта является совершенствование процесса и технологии сварки, методики контроля качества сварных соединений, системы организации труда, техники безопасности и др., выполненное на основе собственных исследований.

Целью конструкторского проекта является проектирование сложной сварной конструкции или крупной и высокопроизводительной установки для сборки и сварки.

Тему проекта студент выбирает самостоятельно, согласовывает ее с руководителем практики и подтверждает подписью свое согласие на ее выполнение. Эта тема ему выдается перед преддипломной практикой. После практики тема должна быть уточнена и согласована с руководителем дипломного проектирования. После этого она утверждается приказом ректора и вносить в нее изменения не разрешается.

### **3 Содержание технологического дипломного проекта**

*Введение.* Во введении дается обоснование актуальности темы дипломного проекта. Оно состоит из описания отрасли, к которой относится объект дипломного проектирования, задач, стоящих перед ней, ее роли в развитии промышленного потенциала Республики Беларусь. Приводятся перспективные планы развития, роль сварочного производства, возможности ресурсосбережения за счет рационального применения сварочных технологий.

*Глава 1 «Базовый вариант технологического процесса изготовления конструкции».*

*1.1 Описание конструкции, ее назначение, технические условия на изготовление.* Дается эскиз конструкции, описывается ее назначение и роль в работоспособности всего агрегата или машины. Перечисляются детали, из которых состоит конструкция, приводятся технические условия на изготовление. Технические условия составляются, руководствуясь требованиями потребителя, проектирующей организации, завода-изготовителя, руководящих материалов Госпромнадзора, международных стандартов и стандартов Республики Беларусь.

*1.2 Анализ базового варианта технологического процесса.* Анализ базового варианта технологического процесса проводится с целью выявления его недостатков и определения путей совершенствования по следующим направлениям.

1.2.1 Анализ конструкции (объекта дипломного проектирования) на предмет снижения ее массы, применения новых материалов, совершенствования конструктивных решений; обоснования программы выпуска.

1.2.2 Анализ применяемых способов сварки, резки, контроля качества, способов снижения деформаций.

1.2.3 Анализ применяемого сварочного оборудования, материалов, режимов сварки.

1.2.4 Анализ достоинств и недостатков применяемой оснастки и вспомогательного оборудования.

1.2.5 Анализ последовательности сборки и сварки, рациональности расчленения конструкции на узлы и подузлы, оптимальности маршрутной технологии сборки и сварки.

1.2.6 Анализ рациональности организации работ на участке, решений по охране труда, экологической безопасности, системы менеджмента качества и сертификации.

*1.3 Анализ литературы и патентов.* Для того чтобы устранить выявленные недостатки базового варианта, необходимо провести анализ литературы и патентов в изучаемой области и описать существующие способы решения поставленных задач. Это могут быть различные варианты оснастки для сборки и сварки или отдельные ее узлы, например, прижимы. Целесообразно описать новые способы сварки, указав их преимущества, новые сварочные материалы, новые рекомендации по выбору режимов сварки. Возможен литературный и патентный поиск в области охраны труда, например, систем вентиляции, охлаждения сварочных масок, костюмов сварщиков и др.

Все последующие рекомендации по совершенствованию базового варианта техпроцесса должны вытекать из литературного обзора. В тексте должны быть ссылки на литературные источники. Список литературы приводится в конце расчетно-пояснительной записки в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

*1.4 Резюме.* Подводятся краткие итоги первой главы. Указываются недостатки базового варианта технологического процесса, существующие в литературе наиболее рациональные технические решения, которые могут быть применены в дипломном проекте.

*Глава 2 «Технологический процесс заготовки, сборки и сварки».*

*2.1 Выбор материала изделия. Обоснование катетов сварных швов.* Делается обоснование выбора материала изделия. При необходимости проводится проверочный расчет элементов конструкции и сварных узлов на прочность швов. Приводятся таблицы с химическим составом и механическими свойствами свариваемых материалов. Дается характеристика свариваемости стали, для низко- и среднелегированных сталей выполняется расчет химического эквивалента углерода, вычисляется температура предварительного подогрева, обосновывается наличие или отсутствие термической обработки. Для высоколегированных сталей приводится диаграмма Шеффлера, делается расчет ЭквСг и ЭквNi, определяется структура стали, описываются особенности технологии сварки.

Методами расчета или по конструктивным соображениям назначаются катеты сварных швов. При наличии усилий, действующих на свариваемые детали, катет определяется по формуле

$$K = \frac{1000P}{0,7[\sigma]L}, \quad (1)$$

где  $P$  – усилие, действующее на деталь, Н;  
 $[\sigma]$  – допускаемое напряжение, Н/м<sup>2</sup>;  
 $L$  – длина шва, м.

После назначения катетов определяется масса наплавленного металла для каждого шва на изделии:

$$M_{н.м.} = F_{н.м.} \cdot L \cdot \gamma, \quad (2)$$

где  $F_{н.м.}$  – площадь наплавленного металла,  $\text{м}^2$ ;  
 $\gamma$  – плотность стали,  $\gamma = 7,8 \text{ т/м}^3$ ;  
 $L$  – длина шва, м.

Площадь наплавленного металла зависит от типа сварного соединения. Для угловых швов (рисунок 1, а) она определяется как площадь треугольника, умноженная на коэффициент  $a$ , учитывающий форму шва:

$$F_n = \frac{K^2}{2} a \sin \alpha. \quad (3)$$

Для выпуклых швов  $a = 1,2$ ; для вогнутых  $a = 0,9$ ;  $\alpha$  – угол, под которым свариваются детали.

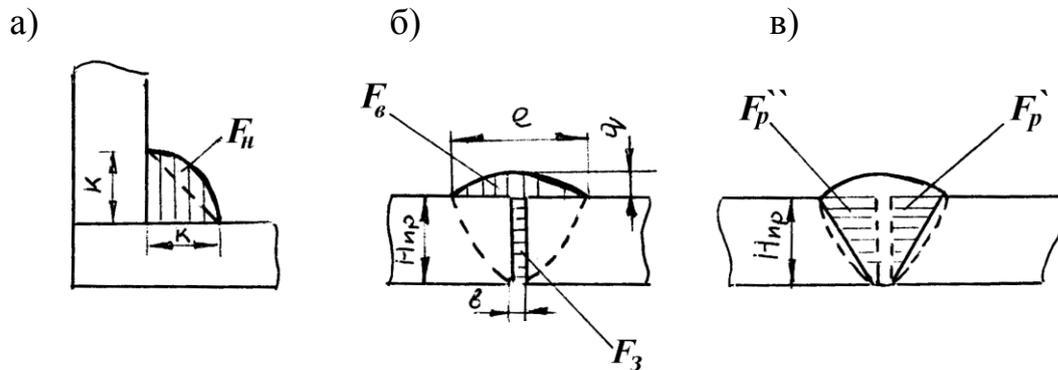


Рисунок 1 — Определение площади наплавленного металла

Площадь наплавленного металла стыкового шва определяется площадями геометрических фигур, которые заполняются электродным металлом при сварке. Для шва, выполненного без разделки кромок, площадь наплавленного металла состоит из площади зазора между деталями  $F_3$  и площади валика шва  $F_6$  (рисунок 1, б):

$$F_3 = b \cdot H_{np}, \quad (4)$$

где  $b$  – зазор между деталями, мм;  
 $H_{np}$  – глубина проплавления, мм;

$$F_6 = \frac{3}{4} e q, \quad (5)$$

где  $e$  – ширина валика шва, мм;  
 $q$  – высота валика шва, мм.

При наличии разделки кромок площадь наплавленного металла равна (рисунок 1, в):

$$F_n = F_3 + F_6 + F_p . \quad (6)$$

При V-образной разделке  $F_p$  состоит из площади двух прямоугольных треугольников  $2 F_p'$ :

$$F_p' = H_{np} \frac{(e-b)}{4}; \quad F_p = H_{np} \frac{(e-b)}{2} \quad (7)$$

После расчетов, которые должны быть приведены в записке по каждому шву, делается сводная таблица 1.

Таблица 1 – Сводная таблица

Номер шва	Обозначение на чертеже в графической части	Длина шва	Площадь сечения наплавления металла, мм <sup>2</sup>	Масса наплавления металла, кг
1				
2				
...				
Итого: масса наплавленного металла на одну сварную конструкцию				

*2.2 Технология и оборудование заготовительных операций.* В начале подраздела должны быть перечислены все детали, входящие в конструкцию, сделаны их эскизы, приведены заготовительные операции, используемые при их изготовлении. Выбор способов заготовки и заготовительное оборудование производится с учетом типа производства, марки и толщины металла, конфигурации и назначения заготовок. К заготовительным операциям относятся правка, разметка, резка, гибка, штамповка. При выборе технологического процесса необходимо ориентироваться на наиболее экономичные для данного типа производства (единичное, мелкосерийное, крупносерийное) способы заготовки. Следует обращать внимание на получение минимальных отходов при выборе способа раскроя металла.

В записке должны быть описаны способы заготовки и оборудование для его осуществления, приведены технические характеристики. При наличии в конструкции фигурных деталей с непрямолинейными резами необходимо обратить особое внимание на выбор способа их вырезки. В этом случае обычно применяется один из термических способов (кислородная, плазменная или лазерная резка). Выбор должен быть обоснован, описаны достоинства и недостатки каждого из способов резки, приведены данные по их точности, производительности, экономичности. Описаны технические характеристики и особенности обслуживания выбранного оборудования. При наличии разделки кромок необходимо выбрать способ их обработки. Обратить внимание на способы механизации процессов.

Далее рассчитывается масса конструкции. При наличии в изделии прокатного профиля пользуются таблицами массы погонного метра проката. Масса

листовых деталей определяется через их объем. Данные о массе конструкции будут необходимы при выполнении экономической части проекта.

**2.3 Выбор способа сварки.** Выбор способа сварки зависит от толщины металла конструкции, требований к точности, типа производства и других факторов, которые следует учитывать при анализе.

Первоначально необходимо предложить два-три способа сварки, которые могут быть использованы для данного изделия. Перечислить их достоинства и недостатки. При этом целесообразно рассмотреть возможности принципиальной замены, например, дуговой сварки на контактную. Если это не рационально, проанализировать возможность применения прогрессивных защитных смесей, автоматических и автоматизированных установок, робототехнических комплексов и др.

Целесообразно анализ сопровождать укрупненными экономическими расчетами. Например, защитные смеси на основе Ar дороже CO<sub>2</sub>, однако при их применении снижаются затраты, связанные с разбрызгиванием и зачисткой деталей. В связи с этим решение принимается в каждом конкретном случае на основании экономических расчетов. Возможны и другие примеры.

**2.4 Расчет параметров режима сварки.** Расчет параметров режима сварки ведется в зависимости от выбранного способа сварки. Основными параметрами режима дуговой сварки являются: сила сварочного тока  $I_{св}$ , напряжение на дуге  $U_2$ , скорость подачи сварочной проволоки  $V_{п.пр.}$ , диаметр электрода или проволоки  $d_э$ , скорость сварки  $V_{св}$ .

Первоначально следует задаться диаметром проволоки или электрода  $d_э$ . Его значение зависит от толщины свариваемого металла и способа сварки. Примерные значения диаметров приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

Толщина металла $\delta$ , мм	2	3–5	5–10	10–20
Ручная сварка покрытыми электродами	2,5	3,0; 4,0	4,0; 5,0	5,0; 6,0
Полуавтоматическая в CO <sub>2</sub>	0,8; 1,0	1,2	1,2; 1,6	1,6
Автоматическая в CO <sub>2</sub>	1,0	1,2; 1,6; 2,0	1,6; 2,0	3,0; 4,0
Автоматическая под флюсом	-	2,0; 3,0	3,0; 4,0	4,0; 5,0

Затем определяют величину сварочного тока, которая, с одной стороны, зависит от требуемой глубины проплавления, с другой — от диаметра электрода. Требуемая глубина проплавления, в свою очередь, зависит от толщины металла и условий сварки. Для стыковых односторонних швов глубина проплавления равна толщине свариваемого металла ( $h = \delta$ ), для двухсторонних швов  $h = 0,5\delta$ . Для швов, выполняемых на остающейся подкладке,  $h = \delta + 1$  мм; для угловых швов глубину проплавления можно принять  $h = 0,6\delta$ .

Для сварки под флюсом и в среде углекислого газа силу сварочного тока можно определить по формуле

$$I_{св} = \frac{h}{k_n} \cdot 100, \quad (8)$$

где  $k_n$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки; находят по таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента  $k_n$

Способ сварки	Диаметр электродной проволоки, мм	Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность
Под флюсом	2	1,25	1,15	1,40
	3	1,10	0,95	1,25
	4	1,00	0,90	1,10
	5	0,95	0,85	1,05
	6	0,90	—	—
В среде углекислого газа	1,2	—	—	1,75
	1,6	—	—	1,55
	2,0	—	—	1,45
	3,0	—	—	1,35
	4,0	—	—	1,20

После вычисления силы сварочного тока уточняют диаметр электродной проволоки по формуле

$$d_s = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j}}, \quad (9)$$

где  $j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (таблица 4).

Таблица 4 – Значение плотностей тока при автоматической и полуавтоматической сварке

Диаметр электрода, мм	<2	2	3	4	5
$j$ , А/мм <sup>2</sup>	90–200	60–120	45–90	35–60	30–50

Для ручной дуговой сварки силу сварочного тока выбирают в зависимости от диаметра электрода по формуле

$$I_{-‰} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot j. \quad (10)$$

Плотность тока можно найти в таблице 5.

Таблица 5 – Значения плотностей тока при ручной сварке

Вид покрытия Электроды	Плотность тока в электроде $j$ , А/мм <sup>2</sup> , при $dэ$ , мм			
	3	4	5	6
Кислое, рутиловое	14–20	11,5–16	10–13,5	9,5–12,5
Основное	13–18,5	10–14,5	9–12,5	8,5–12,0

Напряжение на дуге устанавливают в зависимости от способа сварки, а также от марки и диаметра электрода:

– для ручной дуговой сварки (ГОСТ 95-77)

$$U_2 = 20 + 0,04 \cdot I_{св}; \quad (11)$$

– для сварки под флюсом на токах до 1000 А (ГОСТ 7012-77)

$$U_2 = 19 + 0,037 \cdot I_{св}; \quad (12)$$

– для сварки в  $CO_2$

$$U_2 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_э^{0,5}} I_{св} \pm 1. \quad (13)$$

Скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч, вычисляют по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100}, \quad (14)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$\gamma$  – плотность металла,  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см<sup>2</sup>.

Коэффициент наплавки для ручной сварки покрытыми электродами  $\alpha_n = 8–10$  г/(А·ч); для сварки в  $CO_2$   $\alpha_n = 12–14$  г/(А·ч); для сварки под флюсом  $\alpha_n = 13–16$  г/(А·ч).

При расчете параметров режима контактной сварки рекомендуется пользоваться [2, 3, 10].

**2.5 Выбор сварочных материалов.** К сварочным материалам при дуговой сварке относятся: проволока, электроды, флюсы, газы. Они оказывают существенное влияние на качество сварных соединений. Сварочные материалы выбирают в зависимости от способа сварки и химического состава свариваемой стали. В записке должен быть аргументированный выбор. Например, если вы-

бирается проволока Св08Г2С, следует дать пояснения, почему в проволоке содержится Mn и Si, какую роль они играют в процессе сварки и какое влияние оказывают на качество. Необходимо привести таблицы с химическим составом и механическими свойствами проволоки, описать основные требования к ней по ГОСТ 2246, СТБ EN 440.

Выбранные электроды должны быть обозначены по ГОСТ 9466, описаны основные требования к ним, изложенные в этом ГОСТе, обоснован тип электрода и тип покрытия.

Требования к защитным газам и смесям изложены в ГОСТ 8050 и СТБ EN 439. Основные положения стандартов должны найти отражение в записке при выборе защитной среды.

После выбора сварочных материалов должно быть определено их необходимое количество на одно изделие и на программу. Расчет производится по массе наплавленного металла, рассчитанной в подразделе 2.1.

Расчет расхода сварочной проволоки для автоматической и полуавтоматической сварки осуществляется по формуле

$$G_{np} = M_{нм}(1 + \Psi), \quad (15)$$

где  $\Psi$  – коэффициент потерь для сварки под флюсом,  $\Psi = 0,03(3 \%)$ ; для ручной сварки с учетом потерь на огарки электродов  $\Psi = 0,2(20 \%)$ ; для сварки в  $CO_2$   $\Psi = 0,12-0,15(12-15 \%)$ .

Для ручной сварки по формуле (15) рассчитывается масса стержней. Для определения полной массы электродов необходимо учитывать массу покрытия:

$$G_{э} = G_{np} \cdot K_{э.п.} \quad (16)$$

где  $K_{э.п.}$  – коэффициент веса покрытия,  $K_{э.п.} = 1,3-1,5$ .

Расход углекислого газа определяется по формуле

$$G_{co_2} = q_{co_2} \cdot t_o, \quad (17)$$

где  $t_o$  – основное время сварки;

$q_{co_2}$  – удельный расход  $CO_2$ , л/мин.

Удельный расход  $CO_2$  зависит от диаметра проволоки и силы сварочного тока и определяется по таблице 6.

Таблица 6 — Удельный расход  $CO_2$

Диаметр, мм	0,8	1,0	1,2	1,6	2	2,5
Сила сварочного тока, А	60–120	60–160	100–250	200–250	240–280	280–400
Удельный расход $CO_2$ , л/мин	8–9	8–9	9–12	14–15	15–18	18–20

После вычисления объема  $CO_2$  в литрах обычно переводят это значение в массу, учитывая, что при испарении 1 кг углекислоты образуется 509 л газа.

Далее необходимо описать рекомендуемый способ снабжения сварочных постов защитным газом.

Расход флюса определяется по формуле

$$G_{фл} = (1,2-1,4)G_{пр}, \quad (18)$$

где  $G_{пр}$  – расход сварочной проволоки.

При выборе сварочных материалов в случае использования сварки давлением рекомендуется пользоваться [2, 3, 10].

*2.6 Выбор сварочного оборудования.* Критериями при выборе сварочного оборудования для дуговой сварки являются способ сварки, сила сварочного тока, диаметр электрода или проволоки, род применяемого тока, выбранная степень механизации процесса.

При выборе оборудования необходимо ориентироваться на наиболее современные образцы. В большинстве проектов используются полуавтоматы для сварки в защитных газах. По своим характеристикам они делятся на четыре группы.

Полуавтоматы первого поколения не имеют системы автоматического управления параметрами режима, оснащены обычным силовым трансформатором с тиристорной или другой схемой выпрямления. Примером может быть полуавтомат ПДГ–312 с источником питания ВДГ–303 (полуавтоматы первого поколения в настоящее время устарели).

Второе поколение – полуавтоматы, оснащенные инверторным источником питания, но без автоматического управления режимами. Они дороже, но позволяют экономить 10–15 % электроэнергии (рекомендуется устанавливать на рабочих местах, где режимы сварки изменяются редко).

Третье поколение – полуавтоматы с синергетическим управлением параметрами режима. Они обеспечивают автоматическую установку основных параметров ( $I_{св}$ ,  $U_0$ ,  $V_{н.н.}$ ) в оптимальном соотношении, легко переналаживаются на различные режимы при изменении катета шва, толщины металла, пространственного положения и т. д., имеют до 250 программ режимов, заложенных в памяти (рекомендуется применять при частом изменении режимов, катетов и т. д.).

Четвертое поколение – полуавтоматы с управлением сварочным током в процессе переноса одной капли электродного металла (управление эспурой сварочного тока). Это так называемые STT–технологии и технологии Fast Root. Обеспечивают минимальное разбрызгивание (1–3 %) (рекомендуются для ответственных конструкций и сварке корневых швов трубопровода).

По стоимости полуавтоматы четвертого поколения превышают полуавтоматы первого поколения примерно в 3–4 раза.

После выбора и обоснования сварочного оборудования в записке приводится его техническая характеристика.

*2.7 Разработка маршрутной и операционной технологии сборки и сварки.* Разработка маршрутной технологии подразумевает расчленение конструкции на узлы, которые будут собираться и свариваться на отдельных приспособлени-

ях, ориентировочная их расстановка на участке. Выбираются также покупные детали и узлы, которые будут получать с других участков или цехов. Маршрутная технология изображается графически в записке и чертежах (рисунок 2).

Из чертежа видно, что на участке должно быть четыре приспособления для сборки левого и правого лонжеронов, сборки и сварки рамы. Допускается сварка лонжеронов отдельно от рамы. В этом случае необходимо еще одно приспособление — для сварки лонжеронов. Возможны и другие варианты маршрутной технологии изготовления рамы.

После маршрутной технологии разрабатывается операционная технология, где сборочно-сварочные операции прописываются по переходам: уложить деталь 1 в приспособление, уложить деталь 2 и т. д., прихватить, перевернуть. В записке операционная технология описывается повествовательно для одного приспособления. Затем заполняются операционные технологические карты. Операционные карты размещаются в приложении к записке. Их количество согласовывается с руководителем дипломного проектирования. В операционных картах указывают режимы сварки, сварочное оборудование, сварочные материалы, нормы времени. Нормы времени рассчитываются следующим образом.

Общее время на выполнение сварочной операции  $t_{св}$  состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле

$$t_{св} = t_o + t_{н.з.} + t_в + t_{обс} + t_n, \quad (19)$$

где  $t_{н.з.}$  — подготовительно-заключительное время;  
 $t_o$  — основное время;  
 $t_в$  — вспомогательное время;  
 $t_{обс}$  — время на обслуживание рабочего места;  
 $t_n$  — время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное время — это время на непосредственное выполнение сварочной операции. При дуговой сварке оно определяется по формуле

$$t_o = \frac{M_{н.м.}}{\alpha_n \cdot I_{св}}, \quad (20)$$

где  $M_{н.м.}$  — масса наплавленного металла,

$$M_{н.м.} = F_n \cdot L_{ш} \cdot \gamma, \quad (21)$$

где  $F_n$  — площадь наплавленного металла;  
 $\gamma$  — плотность металла;  
 $L_{ш}$  — длина шва.

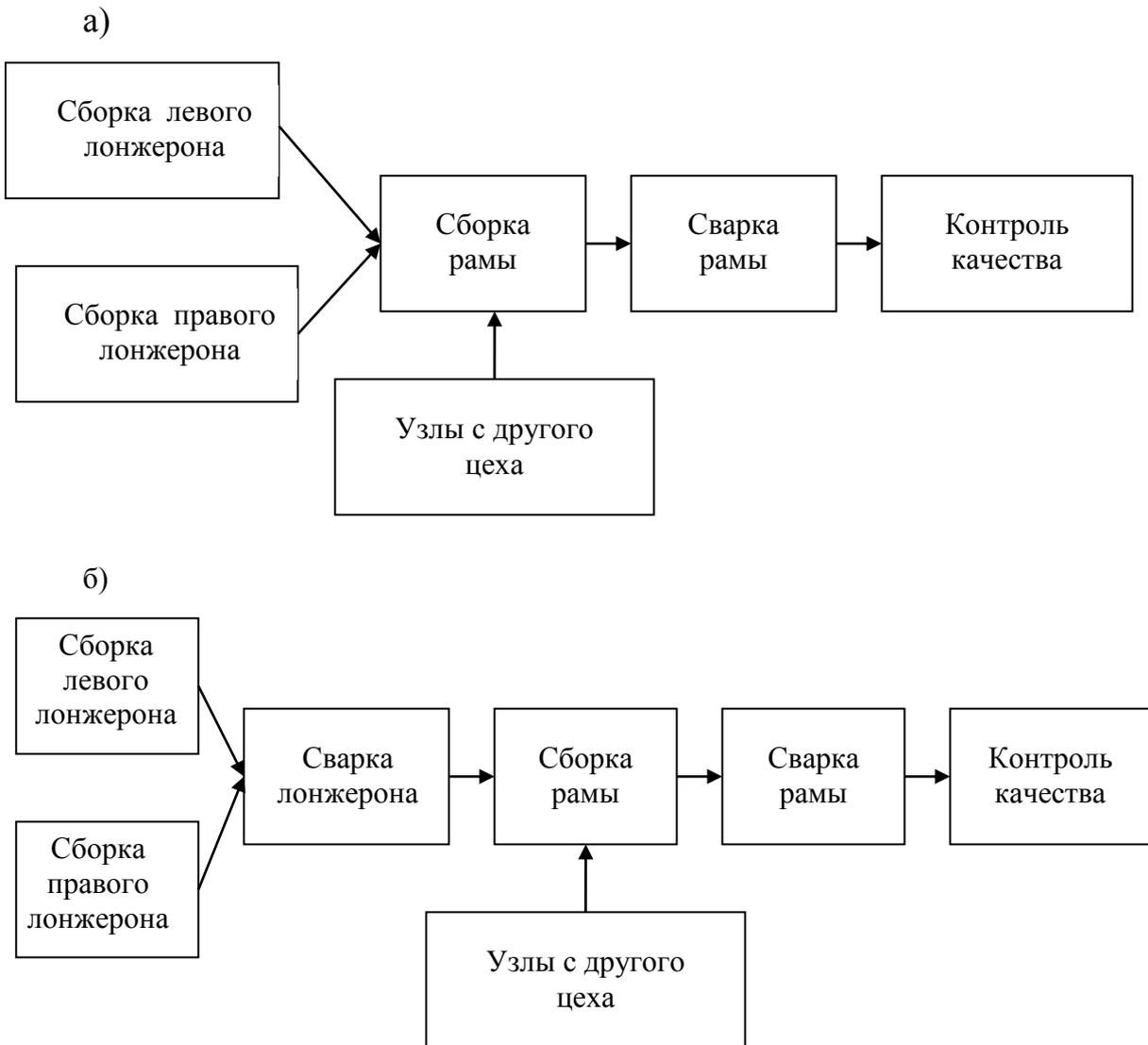


Рисунок 2 — Вариант графического изображения маршрутной технологии

Если шов непрерывный односторонний, то длина шва  $L_{ш}$  равна длине изделия  $L_u$ ; если шов непрерывный двухсторонний, то  $L_{ш} = 2L_u$ ; если шов прерывистый, то

$$L_{ш} = \frac{L_u}{L_{шаг}} \cdot L_y, \quad (22)$$

где  $L_y$  — длина непрерывного участка шва;

$L_{шаг}$  — расстояние от начала одного участка шва до начала другого.

$L_y$  и  $L_{шаг}$  указаны в задании в обозначении сварного соединения, например 100/200.

При шахматном расположении прерывистых швов (например, 100Z200) полученное по формуле значение  $L_{ш}$  умножается на два.

Рассчитанное по формуле (20) основное время сварки может быть проверено по формуле

$$t_{o_1} = \frac{L_{ш}}{V_{св}}, \quad (23)$$

где  $V_{св}$  – скорость сварки, вычисленная по формуле (14)

$t_o$  и  $t_{o_1}$  могут отличаться в пределах погрешности вычислений.

Иногда при определении основного времени сварки вводится поправочный коэффициент  $K_n$ , зависящий от положения шва в пространстве (для вертикальных швов  $K_n = 1,25$ ; для потолочных  $K_n = 1,3$ ; для неповоротных стыков труб  $K_n = 1,35$  и т. д.).

Подготовительно-заключительное время включает в себя такие операции, как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т. д. При его определении общий норматив времени  $t_{н.з.}$  делится на количество деталей, выпущенных в смену. В серийном производстве  $t_{н.з.} = 2-4\%$  от  $t_o$ , в единичном  $t_{н.з.} = 10-20\%$  от  $t_o$ . В дипломной работе можно принять  $t_{н.з.} = 10\%$  от  $t_o$ .

Вспомогательное время включает в себя время на смену электродов  $t_э$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{кр}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$ , клеймение швов  $t_{кл}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{уз}$ :

$$t_э = t_{э_1} \frac{F \cdot L_{ш}}{V_э}, \quad (24)$$

где  $t_{э_1}$  – время на смену одного электрода,  $t_{э_1} = 5-10$  с;

$F \cdot L_{ш}$  – объем наплавленного металла;

$V_э$  – объем одного электрода,

$$V_э = \frac{\pi d^2}{4} L_э, \quad (25)$$

где  $L_э = 350$  мм.

Время зачистки кромок или шва  $t_{кр}(t_{бр})$  вычисляют по формуле

$$t_{кр}(t_{бр}) = L_{ш}(0,6 + 1,2(n_c - 1)), \quad (26)$$

где  $n_c$  – количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{ш}$  – длина шва, м.

Время на установку клейма принимают 0,03 мин на один знак.

Время на установку, поворот и снятие изделия зависит от его массы. При массе изделия до 25 кг эти операции выполняются вручную. В проекте это время можно принять равным  $t_{уз} = 3$  мин.

При автоматической и полуавтоматической сварке к вспомогательному времени относят время на заправку кассеты с электродной проволокой. Это время можно принять равным 5 мин.

Время на обслуживание рабочего места включает в себя время на установку режима сварки, наладку полуавтомата или автомата, уборку флюса, инструмента и т. д. Для ручной сварки  $t_{обс} = 0,05t_0$ ; для полуавтоматической и автоматической  $t_{обс} = (0,06-0,08)t_0$ .

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении  $t_n = 0,07t_0$ ; в неудобном положении  $t_n = 0,1t_0$ ; в напряженном положении при работе в закрытых сосудах  $t_n = 0,16t_0$ ; при работе на высоте с использованием приставных лестниц  $t_n = 0,2t_0$ .

После выполнения расчетов главы 2 заполняются инструкции на технологический процесс сварки (pWPS, WPS) по ГОСТ 15614-1-2009, которые приводятся на листе графической части проекта.

### *Глава 3 «Конструирование технологического оборудования».*

*3.1 Разработка теоретической схемы базирования.* Схема разрабатывается для обеспечения надежного фиксирования деталей и узлов в приспособлении. При этом выбираются базовые поверхности на объекте (базы), определяется их вид по лишаемым степеням свободы и характеру проявления (явные, скрытые). На базы наносятся и нумеруются опорные точки, символизирующие геометрические связи (лишаемые степени свободы) при закреплении. Контролируется соблюдение правила шести точек в базовом и проектируемом вариантах.

*3.2 Разработка принципиальной схемы приспособления.* При проектировании приспособления после разработки теоретической схемы базирования разрабатывается его принципиальная схема, которая оформляется в виде простейшего чертежа, выражающего основную идею приспособления.

Принципиальная схема сборочно-сварочного приспособления представляет собой чертеж сварного изделия, на котором в виде условных обозначений (таблицы 7 и 8) указаны места, способы фиксирования и закрепления деталей, а также способы и устройства (упрощенно) для установки, поворота, подъема, съема деталей и изделий, другие механизмы. При разработке принципиальной схемы наносить на нее все детали будущего приспособления подробно не следует. Детали и механизмы приспособления изображаются на ней условными обозначениями. При необходимости отдельные механизмы приспособления могут быть выполнены подробно.

На схеме указываются те размеры, которые следует соблюдать с особой точностью. В качестве установочных баз предпочтительно использовать механически обработанные поверхности или отверстия деталей.

Прижимы располагают против упоров, вблизи них. В одном приспособлении должно быть не более двух типов прижимов (как правило, один). На схеме приспособления следует указать величину необходимого усилия зажатия, предварительно определив его.

Таблица 7 — Условные обозначения опор и прижимов

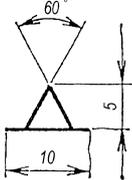
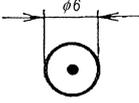
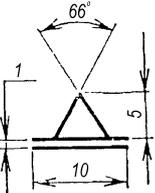
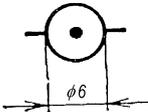
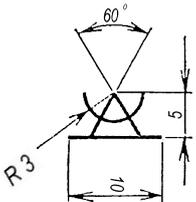
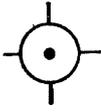
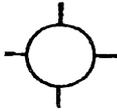
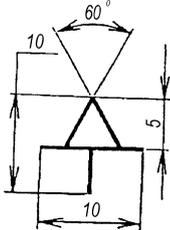
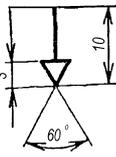
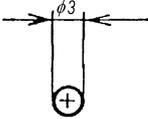
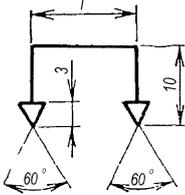
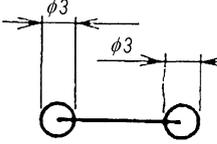
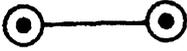
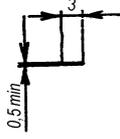
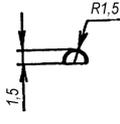
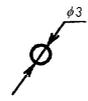
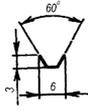
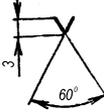
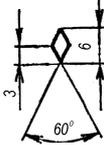
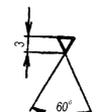
Опора или прижим	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
<b>Опоры</b>			
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			
<b>Прижимы</b>			
Прижим одиночный			
Прижим Двойной			
<p><i>Примечание</i> — Обозначения устройств прижимов (пневматическое — Р, гидравлическое — Н, электрическое — Е, магнитное — М, электромагнитное — ЕМ, прочие — без обозначения) наносят слева от изображения зажимов</p>			

Таблица 8 — Условные обозначения рабочих поверхностей

Форма рабочих поверхностей	Обозначение на всех видах
Плоская	
Сферическая	
Цилиндрическая (шариковая)	
Призматическая	
Коническая	
Ромбическая	
Трехгранная	

3.3 Выбор и обоснование установочных элементов и прижимных устройств. Установочные детали (опоры, упоры, пальцы, призмы, установочные конусы, постели) образуют базовые поверхности приспособлений и обеспечивают правильную ориентацию деталей в них в соответствии с правилом шести опорных точек.

Опоры приспособлений разделяют на основные и вспомогательные. Основные опоры определяют положение детали в пространстве, лишая ее всех или нескольких степеней свободы (как правило, они жестко закрепляются в корпусе приспособления запрессовкой или сваркой), вспомогательные – предназначены для придания детали дополнительной жесткости и устойчивости.

Основными опорами сборочно-сварочных приспособлений могут быть опорные штыри с плоской, сферической и насеченной головками (ГОСТ 13440, 13441, 13442).

Детали больших размеров с обработанными базовыми плоскостями устанавливаются на пластины, а детали небольших и средних размеров — на штыри. Регулируемые винтовые опоры (ГОСТ 4084, 4085, 4086) используются как основные и как вспомогательные опоры. В качестве вспомогательных опор могут применяться самоустанавливающиеся одноточечные (ГОСТ 13159) и подводимые клиновые опоры. С целью механизации и автоматизации приспособлений для перемещения вспомогательных опор применяют призмы по ГОСТ 12195.

Установочные пальцы могут быть постоянными и сменными. Они применяются в сборочно-сварочных приспособлениях для установки на них деталей (изделий) одним или двумя отверстиями. Постоянные пальцы – цилиндрические (ГОСТ 12209) и срезанные (ГОСТ 12210), сменные – цилиндрические (ГОСТ 12211).

Зажимные механизмы предназначены для закрепления установленных в приспособлении деталей, заготовок, сборочных единиц и должны отвечать ряду требований.

1 Прижимное усилие должно прилагаться в выбранной точке и иметь направление, указанное в схеме закрепления. Как правило, зажимы располагаются над опорами или вблизи них. Они не должны создавать опрокидывающего момента.

2 Прижимные механизмы должны развивать заданное расчетное усилие.

3 Расчет элементов зажимов (диаметров пневмоцилиндров, винтов, сечения рычагов и т. п.) должен производиться по заранее выбранному или рассчитанному усилию, а не наоборот.

4 Прижимы не должны нарушить заданное положение деталей, портить их поверхности и вызывать деформирование.

5 Прижимы должны быть быстродействующими.

6 Зажимные механизмы должны быть удобными и безопасными в работе.

В сборочно-сварочных приспособлениях чаще всего используют прижимы с механическим, пневматическим, гидравлическим, магнитным или электромеханическим приводом. В одном приспособлении желательно применять не более двух типов прижимов.

### *3.4 Расчет силовых элементов сборочно-сварочных приспособлений.*

Расчет производят в две стадии:

- 1) определяют необходимые усилия прижатия собираемых деталей;
- 2) рассчитывают конструкции прижимных устройств и других элементов приспособлений на прочность и жесткость под действием этих усилий.

Для определения усилия прижатия необходимо рассчитать:

– усилия для удержания изделия от деформирования в процессе сварки и остывания;

– усилия, обеспечивающие плотное прижатие деталей без зазоров.

Для нахождения указанных усилий теоретическим расчетом (по методам теории сварочных деформаций) или экспериментально определяются величины и направление сварочных деформаций. Затем рассчитывают усилия, способные свести эти деформации к нулю во время сварки.

Например, при сварке листовых конструкций основными деформациями являются местные «выпучены» (рисунок 3) или угловая деформация в виде «домика» на оси стыкового шва (рисунок 4). При сварке балочных конструкций – продольный (рисунок 5) и поперечный изгибы (грибовидность).

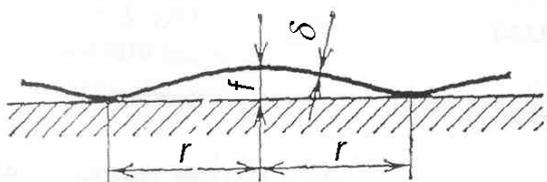


Рисунок 3 — Деформация листового полотна в виде круглой «выпучены»

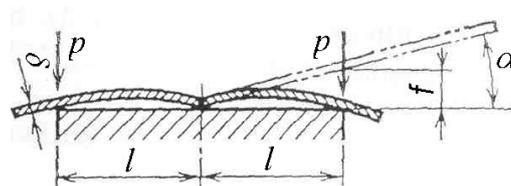


Рисунок 4 — Угловая деформация листов типа «домик»

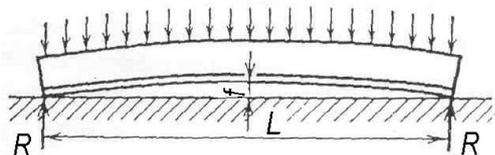
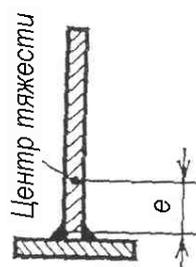


Рисунок 5 — Продольная деформация сварной балки и схема ее нагружения



При деформациях типа «выпучена» искомое усилие определяется по формуле

$$P = \frac{18fE\delta^3}{r^2}, \quad (27)$$

где  $E$  – модуль упругости.

Нагрузка на единицу длины кромки

$$p = \frac{P}{4r}. \quad (28)$$

При угловых деформациях плотное прижатие листов обеспечивается при удельных усилиях на кромку:

$$P = \frac{\delta^3 \operatorname{tg} \alpha E}{4l}. \quad (29)$$

Аналогичен расчет при поперечных деформациях балок, которые являются угловыми.

Равномерно распределенная нагрузка при продольном изгибе балок

$$q = 9,6 \cdot \frac{P_y \cdot e}{L^2}, \quad (30)$$

где  $P_y$  – усадочная сила.

В процессе расчетов необходимо проверять, не превышают ли напряжения в металле величину предела текучести.

Если для прижатия используется пневмопривод, определяется диаметр цилиндра из формулы

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot q \cdot \eta, \quad (31)$$

где  $D$  – диаметр цилиндра;

$d$  – диаметр штока;

$q$  – давление сжатого воздуха,  $q = 0,3–0,6$  МПа;

$\eta$  – КПД, учитывающий потери в цилиндре (при  $D = 150–300$  мм можно принять  $\eta = 0,85–0,9$ ).

В ответственных случаях и при малых диаметрах поршня потери на трение в уплотнениях поршня и штока следует рассчитывать. Далее определяется расход воздуха, диаметр воздухопроводной трубы.

При изготовлении пневмоцилиндров в заводских условиях рассчитывается толщина стенки, крышки, крепление крышки.

Аналогичный подход используется и при расчете конструктивных параметров винтовых, эксцентриковых и клиновых прижимных устройств.

#### *Глава 4. «Обеспечение качества выпускаемой продукции».*

*4.1 Структура системы обеспечения качества на предприятии.* Перечисляются контрольные службы предприятия (структурные подразделения), их функциональные обязанности, наличие испытательных лабораторий и лабораторий неразрушающего контроля. Анализируется область их деятельности, материально-техническое оснащение.

*4.2 Входной контроль.* Излагается организация входного контроля на предприятии, который предусматривает проверку качества поступающего сырья, материалов, комплектующих изделий, сбор информации о стабильности качества продукции предприятий – поставщиков, оформление соответствующих рекламаций поставщикам.

*4.3 Приемочный контроль.* Предусматривает контроль качества готовых изделий в соответствии с требованиями конструкторской документации и действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА).

Назначается метод контроля, разрабатывается технология его проведения. При использовании неразрушающего контроля выбирается схема контроля, оборудование, вспомогательная оснастка, определяются параметры и режимы.

*4.4 Стандартизация, метрология и оценка соответствия.* Разрабатываются мероприятия по поверке, калибровке и техническому обслуживанию измерительного оборудования, применяемого при контроле сварных соединений.

Формируются метрологические требования на всех этапах жизненного цикла сварной конструкции, удовлетворяющих потребителей по обеспечению безопасности.

Дается перечень всех технических нормативных правовых актов (ГОСТы, СТБ, ТУ, СТП), сопровождающих технологический процесс сборки и сварки изготавливаемого узла, и основные их положения.

Излагается порядок сертификации однородной продукции и перечень сертификатов соответствия (деклараций соответствия) на основные свариваемые материалы, сварочные материалы, сварочное оборудование, участвующие в технологическом процессе сварки изготавливаемого узла.

*4.5 Системы менеджмента качества.* Применяются документы системы менеджмента качества предприятия: политика в области качества; цели в области качества; карты и паспорта процессов; руководство по качеству; обязательные документированные процедуры и записи, требуемые СТБ ИСО 9001.

К записям о качестве процессов сварки относятся:

- инструкции на технологический процесс сварки;
- отчеты о квалификации технологических процессов сварочного производства;
- сведения о квалификации сварщиков и операторов;
- сведения о сертификации сварщиков;
- сведения о сертификации персонала неразрушающего контроля;
- записи о термообработке и способах ее проведения;
- протоколы неразрушающего контроля;
- отчеты о несоответствующей продукции.

Записи анализируются на соответствие СТБ ИСО 9001 и вносятся предложения по совершенствованию системы менеджмента качества применительно к специальному процессу сварки, требующему доказательного менеджмента.

*Глава 5 «Расчет участка (цеха)».* Расчет участка целесообразно выполнять вместе с экономической частью дипломного проекта, пользуясь [9]. Он состоит из следующих разделов: расчет количества оборудования; расчет количества рабочих, служащих, ИТР; выбор транспортных средств; расчет площадей участка; разработка планировки участка (цеха).

Наименование стандов для сборки и сварки должно соответствовать маршрутной технологии, разработанной в главе 2. Стандов одного наименования может быть несколько, в зависимости от трудоемкости данной операции. Количество стандов определяется по формуле

$$C_p = \frac{t_{um.i} \cdot A}{\Phi_D^o \cdot 60 \cdot K_n}, \quad (32)$$

где  $C_p$  – расчетное количество оборудования;

$t_{um.i}$  – норма времени по  $i$ -й операции, мин;

$A$  – программа выпуска, шт.;

$\Phi_D^O$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;  
 $K_n$  – коэффициент выполнения нормы,  $K_n = 1,05–1,10$ .

При этом

$$\Phi_D^O = (8 \cdot D_{\Pi} + 7 \cdot D_C) \cdot n \cdot K_n, \quad (33)$$

где  $D_{\Pi}, D_C$  – количество рабочих дней в году с полной продолжительностью и сокращенных (предпраздничных);  
 $n$  – количество рабочих смен в сутки;  
 $K_n$  – коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте,  $K_n = 0,92–0,96$ .

Далее определяется количество рабочих на участке.

Численность основных рабочих, занятых непосредственно выполнением технологических операций, рассчитывается по формуле

$$Ч_{O_i} = \frac{T_{Г_i}}{\Phi_D^P \cdot K_B}, \quad (34)$$

где  $T_{Г_i}$  – годовая трудоемкость на  $i$ -й операции, нормочасы;  
 $\Phi_D^P$  – годовой действительный фонд времени работы одного рабочего, ч;  
 $K_B$  – коэффициент выполнения норм выработки,  $K_B = 1,1–1,15$ .

При этом

$$T_{Г_i} = \frac{t_{ум.i} \cdot A}{60}, \quad (35)$$

где  $t_{ум.i}$  – норма времени на  $i$ -й операции, мин;  
 $A$  – программа выпуска, шт.

Годовой фонд времени работы рабочего определяется по формуле

$$\Phi_D^P = (8 \cdot D_{\Pi} + 7 \cdot D_C) \cdot K_{HEB}, \quad (36)$$

где  $D_{\Pi}, D_C$  – количество рабочих дней в году соответственно с полной продолжительностью и сокращенных (предпраздничных);  
 $K_{HEB}$  – коэффициент невыходов по уважительным причинам,  
 $K_{HEB} \approx 0,88$ .

Расчет численности основных рабочих сводится в таблицу 9. Принято численность основных рабочих определять с учетом совмещения профессий. При этом суммарное расчетное число и суммарное принятое число рабочих должны быть равны.

Таблица 9 — Численность основных рабочих

Операция по узлу	Годовая трудоемкость, ч	Количество станков на операции, шт.	Численность основных рабочих, чел.	
			расчетное	Принятое
...				
Всего				

Численность основных рабочих принимается в размере: для единичного производства – 10–15 %, для серийного – 15–20 % от численности вспомогательных рабочих. Производится распределение их по профессиям на основании норм обслуживания (таблица 10).

Таблица 10 — Расчет численности вспомогательных рабочих

Наименование профессии	Разряд рабочего	Норма обслуживания, ед.	Численность вспомогательных рабочих, чел.	
			расчетная	принятая
...				
Итого по участку				

Численность служащих принимается в процентном отношении от общего числа рабочих (7–8 %). Рассчитав численность служащих, распределяют их по профессиям в соответствии с нормами.

При выборе подъемно-транспортных средств необходимо определиться, чем изделие будет укладываться на приспособление, чем будет перемещаться на другое приспособление, каким образом будут доставляться на участок мелкие детали и т. д. Обычно на участке должен быть мостовой кран, который, кроме технологических операций, выполняет работы по монтажу и демонтажу оборудования. Для передачи конструкции с одного рабочего места на другое на участке может быть предусмотрен консольный кран или другой тип (подъемно-транспортное оборудование).

При разработке плана участка необходимо в обязательном порядке соблюдать следующие правила:

- участок должен размещаться в унифицированной типовой секции промышленного здания с расстояниями между колоннами 12 м и пролетом 18 или 24 м;

- принятое по результатам расчета количество оборудования, сборочно-сварочных стендов и других рабочих мест располагают на участке по ходу технологического процесса, исключая при этом любые возвратные перемещения заготовок, узлов, изделий;

- на проектируемом участке, кроме оборудования, следует разместить места для исправления дефектов и складирования заготовок и узлов, а также обеспечить наличие зон обслуживания (проходов) и проездов;

- величину проездов и проходов назначают по нормам технологического проектирования в пределах от 1 до 2 м;

- при выполнении работ по кантовке крупных сварных заготовок на соответствующем рабочем месте должно быть предусмотрено пространство, достаточное для осуществления этой операции;

- с целью максимальной экономии рабочих площадей рекомендуется использовать двухрядное или четырехрядное размещение оборудования в пролете цеха с одним или двумя обслуживающими проездами соответственно;

- складские места могут быть размещены двояким образом: либо со стороны проезда, либо вдоль пролета между двумя последовательно расположенными рабочими местами;

- размеры в плане для серийно выпускаемого оборудования принимают по паспортным данным; для специализированной оснастки — по данным проектирования сборочно-сварочного приспособления. При отсутствии проекта эти размеры принимаются исходя из соответствующих размеров сварного узла с учетом припусков величиной 0,2–0,3 м на каждую сторону;

- при размещении оборудования на проектируемом участке необходимо стремиться к сокращению общей производственной площади участка. Для этого выполняют несколько вариантов планировки и выбирают оптимальный. Кроме того, тщательно продумываются вопросы организации работ при минимально возможном количестве складских мест;

- на плане проектируемого участка схематично показывают рабочих, обслуживающих рабочие места, в виде круга диаметром 0,5 м в соответствующем масштабе;

- разрез цеха выполняют исходя из принятой ширины пролета.

Высоту цеха определяют с учётом высоты размещаемого оборудования, габаритов мостового крана в пролете.

*Глава 6 «Охрана труда».* Должны быть выполнены конкретные расчеты, касающиеся спроектированного участка, например, расчет заземления, освещения, вентиляции и др., изложен перечень вредных факторов, влияющих на сварщика, методы защиты от них. При проведении расчетов необходимо пользоваться методическими указаниями кафедры «Охрана труда».

*Глава 7 «Энерго- и ресурсосбережение».* Излагаются решения, принятые в дипломном проекте по энерго- и ресурсосбережению. Экономия электроэнергии достигается за счет применения современных способов сварки плавлением и давлением и сварочного оборудования (например, инверторного типа), снижения объема зачистки металла от брызг, использования новых способов сварки и др. Экономия материальных ресурсов за счет уменьшения массы конструкции, снижения количества и катетов швов, применения гнутых профилей и др.

В записке должны быть приведены конкретные расчеты по экономии электроэнергии и материалов.

*Глава 8 «Экономическая часть».* Выполняется по [9].

*Заключение.*

В заключении указывается конкретно, какие изменения по сравнению с базовым вариантом, внесены в дипломный проект, что это дало с технической и

экономической точки зрения. Приводится годовой экономический эффект от реализации технических решений.

*Список литературы.*

Приложение А. Карты технологического процесса.

Приложение Б. Спецификация чертежей.

Приложение В. Программы расчета на ЭВМ.

Графическая часть и расчетно-пояснительная записка дипломного проекта должны составлять единое целое и дополнять друг друга. Чертежи используются для пояснения принятых в дипломном проекте решений по проектированию участка и разработке технологического процесса. Обычно графическая часть должна содержать следующие материалы.

1 Чертеж изделия с внесенными изменениями и обозначениями сварных швов (1 лист). Если изменения в конструкцию не вносились, чертеж изделия не выполняется.

2 Технологические чертежи (1–2 листа формата А1). Изображается в аксонометрии последовательность сборки и сварки конструкции с обозначением сварных швов. Дается таблица сварных швов с указанием массы наплавленного металла, параметров режимов сварки, наименования сварочных материалов, их расход.

3 Результаты анализа литературы и патентных исследований (1 лист).

4 Результаты компьютерных расчетов и моделирования (1–2 листа).

5 Инструкции на технологический процесс сварки (pWPS, WPS) по ГОСТ 15614-1-2009 (1 лист).

6 Принципиальная схема одного из приспособлений. Расчеты элементов оснастки (1–2 листа).

7 Чертежи сборочно-сварочной оснастки (2 – 4 листа).

8 Планировка цеха или участка с разрезом цеха (1 лист).

9 Сравнение базового и проектируемого вариантов (1 лист).

10 Экономические показатели проекта (1 лист).

Всего выполняется 10–12 листов формата А1. Конкретный перечень чертежей согласовывается с руководителем дипломного проектирования.

#### **4 Содержание исследовательского проекта**

Исследовательские проекты выполняются по результатам научных исследований, проведенных студентом на кафедре или предприятии. Графическая часть проекта содержит методику проведения и результаты научных исследований в виде графиков, схем, фотографий, физических и математических моделей. Обязательно должно быть представлено не менее двух листов формата А1 машиностроительных чертежей, отражающих практическую реализацию проведенных исследований. Это могут быть чертежи сварной конструкции, нового сварочного оборудования, оснастки, узлы модернизированных установок и т. д. Точный перечень чертежей согласовывается с руководителем дипломного проектирования.

Расчетно-пояснительная записка обычно имеет следующую структуру.

*Введение.* Описывается актуальность проблемы.

*Глава 1 «Состояние исследуемого вопроса и анализ литературы».*

*1.1 Промышленный объект исследований.* Описывается промышленный объект, характеристики которого будут улучшены в результате проведенных исследований и их практической реализации. Приводятся его основные параметры, указывается, чем они не устраивают промышленность, что желательно было бы получить. Формулируется основная задача, которую необходимо решить в проекте.

*1.2 Анализ литературы по проблеме.* Делается анализ возможных путей решения поставленной задачи. Описываются литературные аналогии исследований, в том числе патенты, указываются достоинства и недостатки.

*1.3 Основные направления исследований.* Раскрывается выбранный студентом путь решения стоящей перед производством задачи, указываются его основные достоинства. Перечисляются задачи, которые необходимо решить, чтобы реализовать предложенный метод в промышленности.

*1.4 Резюме.* Делаются выводы по первой главе.

*Глава 2 «Исследовательская часть».*

*2.1 Теоретические исследования или (и) моделирование процесса, их результаты.*

*2.2 Методика проведения экспериментальных исследований. Оборудование и материалы.*

*2.3 Результаты экспериментальных исследований.*

*2.4 Выводы по второй главе.*

*Глава 3 «Производственная апробация».*

*3.1 Разработка технологического процесса.*

*3.2 Разработка оборудования и оснастки.*

*3.3 Испытание свойств улучшенного промышленного объекта.*

*3.4 Результаты производственной реализации.*

*3.5 Выводы.*

*Глава 4 «Охрана труда».*

*Глава 5 «Метрология, стандартизация, сертификация».*

*Глава 6 «Энерго- и ресурсосбережение».*

*Глава 7 «Экономическая часть».*

*Заключение.*

*Список литературы.*

*Приложения.*

## **5 Содержание конструкторского проекта**

Заданием на конструкторский проект может быть проектирование сложной установки для сборки и сварки конкретного изделия, входящей в состав автоматизированной линии, робототехнического комплекса.

Структура пояснительной записки может быть следующей.

*Введение.* Во введении дается обоснование актуальности темы дипломного проекта. Оно состоит из описания отрасли, к которой относится объект ди-

пломного проектирования, задач стоящих перед ней, ее роли в развитии промышленного потенциала Республики Беларусь. Приводятся перспективные планы развития, роль автоматизации сварочного производства, возможности повышения качества сварки, ресурсосбережения.

### *Глава 1 «Общая часть».*

*1.1 Описание изделия, его назначение, технические условия на изготовление.* Дается эскиз изделия, описывается его назначение и роль в работоспособности всей установки. Перечисляются детали, из которых состоит изделие, приводятся технические условия на изготовление. Технические условия составляются, руководствуясь требованиями потребителя, проектирующей организации, завода-изготовителя, руководящих материалов Госпромнадзора или отрасли, международных стандартов и стандартов Республики Беларусь.

*1.2 Анализ базового варианта конструкции установки.* Анализ базового варианта конструкции установки проводится с целью выявления её недостатков и определения путей совершенствования по следующим направлениям: анализ применяемых способов сварки, их режимов; анализ конструктивных элементов установки (сварочной головки, приводов перемещения, устройства управления и т. д.); анализ устройств слежения за стыком шва; анализ применяемого основного и вспомогательного сварочного оборудования; анализ способов загрузки-выгрузки изделия; анализ рациональности организации работ на установке, решений по охране труда, экологической безопасности, системы менеджмента качества и сертификации.

*1.3 Анализ литературы и патентов.* Для того чтобы устранить выявленные недостатки базового варианта, необходимо провести анализ литературы и патентов в изучаемой области и описать существующие способы решения поставленных задач. Это могут быть различные варианты конструктивных элементов установки, основного и вспомогательного оборудования, систем управления. Все последующие рекомендации по совершенствованию базового варианта конструкции и функционального состава установки должны вытекать из литературного обзора. В тексте должны быть ссылки на литературные источники. Список литературы приводится в конце расчетно-пояснительной записки в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003.

*1.4 Резюме.* Подводятся краткие итоги первой главы. Указываются недостатки базового варианта изделия и конструкции установки, существующие в литературе наиболее рациональные технические решения, которые могут быть применены в дипломном проекте.

### *Глава 2 «Технологический процесс заготовки, сборки и сварки изделия».*

*2.1 Выбор материала изделия. Обоснование катетов сварных швов.*

*2.2 Технология и оборудование заготовительных операций.*

*2.3 Выбор способа сварки.*

*2.4 Расчет параметров режима сварки.*

*2.5 Выбор сварочных материалов.*

*2.6 Характерные дефекты изделия, возмущения, способы предотвращения их влияния на качество сварного соединения*

Методические рекомендации по выполнению п.п. 2.1-2.5 соответствуют аналогичным пунктам раздела 3 «Содержание технологического дипломного проекта».

В п. 2.6 описываются возможные дефекты изделия, вызванные сваркой, и причины их появления (дефекты сварного соединения, сварочные деформации), возмущения, характерные для выбранного способа сварки и меры по их устранению или уменьшению (организационные, технологические, технические).

### *Глава 3 «Разработка сварочной установки».*

*3.1 Требования к сварочной установке.* В разделе приводятся материалы, которые обычно вносят в состав технического задания (ТЗ) на проектирование узлов установки. Описываются общие сведения об особенностях структуры и конструкции установок для различных способов сварки и типов изделий, формируется структура и состав будущей установки и определяются требования к её узлам и системам.

Рекомендуемая структура раздела для проектов, связанных со *сваркой плавлением*.

*Назначение установки.* Указываются способ сварки, при необходимости особенности предназначенных сварочных материалов, представляются сведения о защитной среде, конфигурации швов, положению сварки, диапазона толщин, для которого проектируется установка, и т. д.

*Диапазоны изменения параметров режима сварки, значения допустимых отклонений этих параметров, необходимость их стабилизации.*

*Контролируемые параметры и управляющие воздействия, задачи автоматического управления.* Раздел является заключительным этапом анализа изделия с точки зрения автоматизации его изготовления.

Рекомендуемая структура раздела для проектов, связанных со *сваркой давлением*.

*Назначение машины.* Указываются способ сварки, материал и диапазон толщин (диаметров, величин площади поперечного сечения), для которого проектируется машина, особенности технологического цикла сварки (наличия или отсутствия определенных этапов и т. д.).

*Диапазоны изменения параметров режима сварки, значения допустимых отклонений этих параметров, необходимость их стабилизации.*

*Контролируемые параметры и управляющие действия, задачи автоматического управления.* Раздел является заключительным этапом анализа изделия с точки зрения автоматизации его изготовления.

*Характеристика электродных узлов машины.* Приводится обоснование выбора материала узла и формы его рабочей поверхности, описание электродного узла (со ссылкой на чертеж). Материалы подраздела 3.1 применяют для выбора прототипа машины, при разработке её функциональной схемы и для выполнения чертежа электродного узла.

*3.2 Разработка функциональной схемы установки и циклограммы её работы.*

*3.2.1 Разработка функциональной схемы установки.* Функциональная схема – абстрактная модель, которая устанавливает состав, порядок и принципы

взаимодействия всех частей оборудования (станка, аппарата, установки). Функциональные схемы используются для определения принципов работы и состава оборудования во время его проектирования. Их также приводят в технической документации с целью объяснения работы оборудования для отладки, контроля и ремонта. Одновременно с разработкой данной схемы целесообразно определить требования к каждому ее элементу.

Построение функциональной схемы начинается с определения элементов установки, в том числе и системы автоматического управления. Названия элементов могут быть условными (т. е. обозначать элементы можно произвольным образом), однако целесообразно давать их интуитивно понятными. Обязательным требованием является уникальность названия каждого элемента для исключения разночтений при описании работы функциональной схемы. Для удобства описания целесообразно давать названия всем элементам схемы.

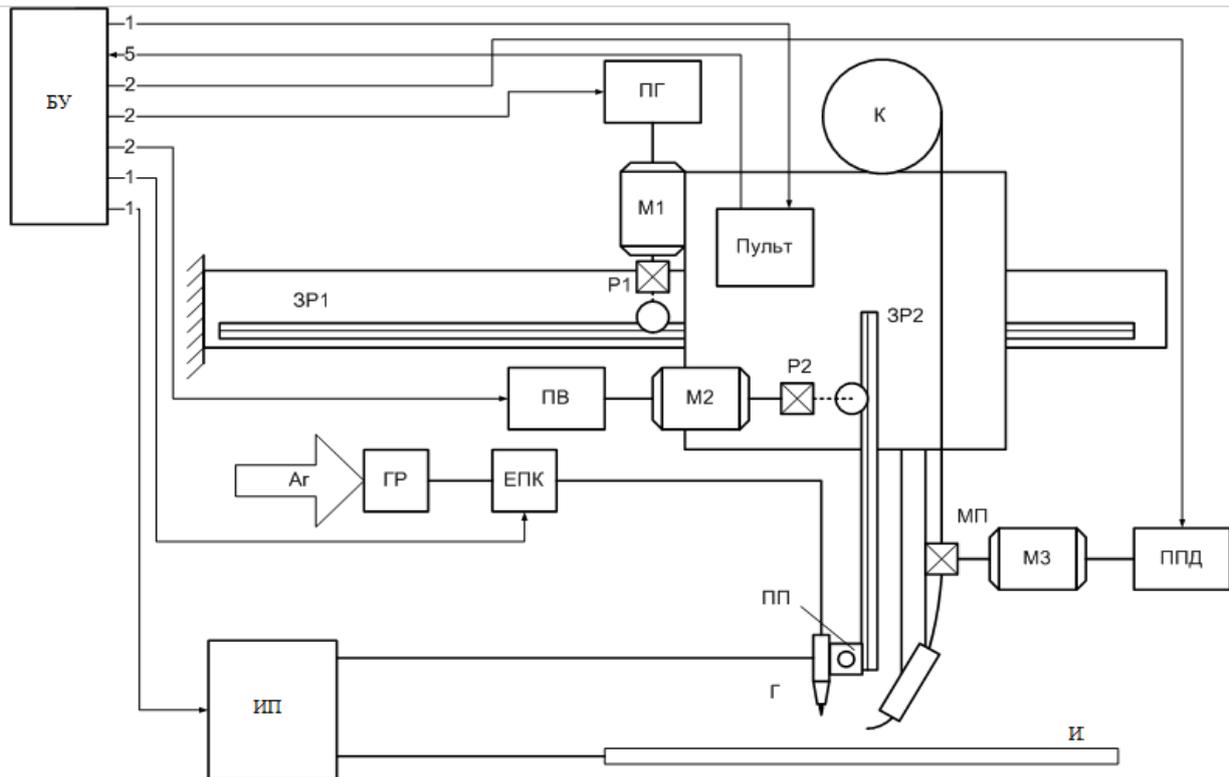
На этапе построения функциональной схемы, как правило, неуместно давать названия, которые повторяют марки стандартных элементов установки, поскольку выбор конкретных элементов происходит несколько позже. Завершающим этапом построения функциональной схемы является определение количества входных и выходных сигналов для блока управления. На рисунке 6 приведен пример функциональной схемы установки для автоматической дуговой сварки в среде защитных газов.

Оператор управляет процессом сварки с помощью пульта. Уместным будет сделать эскиз пульта управления для определения необходимых оператору функций управления установкой как в режиме отладки, так и в рабочем режиме.

*3.3. Разработка циклограммы работы установки.* Циклограмма – это графическое изображение циклического процесса (термодинамического, технологического и др.). По сути, она представляет собой совокупность графиков включения-отключения элементов функциональной схемы установки во времени, строится на основании исследовательских или расчетных данных и используется для определения или уточнения элементов цикла. На циклограмме должны быть обозначены все временные интервалы.

Построение циклограммы (рисунок 7) начинается с определения тех элементов, участвующих в технологическом процессе, которые меняют свое состояние во время сварки. Для установки, функциональная схема которой приведена на рисунке 6, это кнопки **Пуск** и **Стоп**, лампа Л1 на пульте управления (сигнал **Сварка**), электропневмоклапан ЕПК, сварочный источник питания ИП, привод горизонтального перемещения горелки ПГ и привод подачи присадочной проволоки ППД.

Работа установки начинается с нажатия кнопки **Пуск** на пульте управления. При этом включается электропневмоклапан ЕПК и начинается операция **Продувка газом** для создания защитной атмосферы в зоне сварки. Время этой операции определяется объемом пневмосистемы и расходами газа. После окончания продувки через время  $t_{np}$  включается источник питания ИП и происходит зажигание дуги. Стрелками на циклограмме обозначают причину и следствие определенного действия.



БУ – блок управления; ПГ – привод горизонтального перемещения; ПВ – привод вертикального перемещения; ПП – привод поперечного перемещения; ППД – привод подачи присадочной проволоки; М1, М2, М3 – двигатели перемещений; К – кассета с проволокой; ЗР1, ЗР2 – зубчатые рейки; Р1, Р2 – редукторы; Ar – защитный газ; ГР – газовый редуктор; ЕПК – электро-пневматический клапан; МП – механизм подачи; ИП – источник питания; Г – горелка; И – изделие

Рисунок 6 – Функциональная схема установки

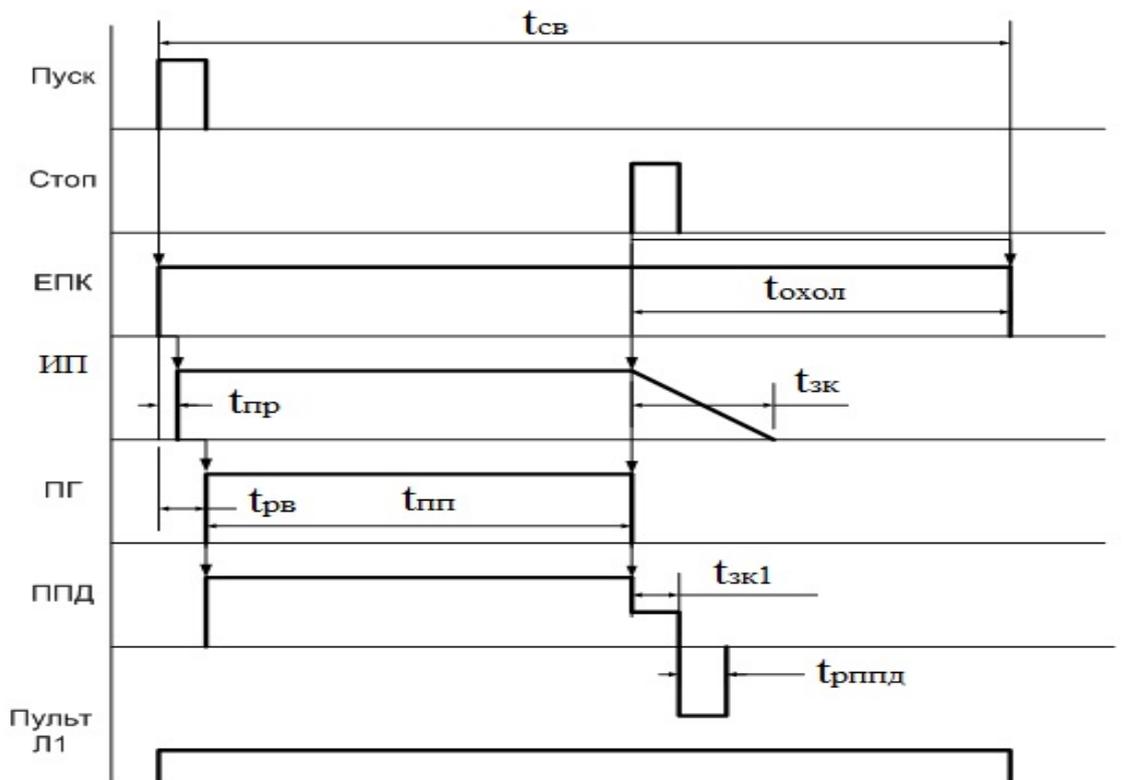


Рисунок 7 – Циклограмма работы установки

Так, на рисунке 7 нажатие кнопки **Пуск** приводит к включению ЕПК. После поджига дуги за время  $t_{pv}$ , необходимое для формирования сварочной ванны, включается привод горизонтального перемещения ПГ и начинается движение горелки со скоростью сварки вдоль стыка. Одновременно с приводом горизонтального перемещения включается привод подачи присадочной проволоки ППД. Начинается постоянный процесс сварки. Этот процесс продолжается до нажатия оператором кнопки **Стоп**. При этом привод горизонтального перемещения ПГ выключается и останавливается движение горелки. Источник питания переходит в режим заварки кратера и ток сварки начинает плавно снижаться.

Привод подачи присадочной проволоки ППД переключается на работу с пониженной скоростью на протяжении времени  $t_{зк1}$ . После этого ППД осуществляет реверс и работает на отвод присадочной проволоки от сварочной ванны на протяжении времени  $t_{пнд}$ . Привод работает при этом на полной скорости. За время  $t_{зк}$  сварочный ток снижается до нуля и источник питания ИП выключается. Для избегания дефектов сварного шва и порчи неплавящегося электрода подача защитного газа продолжается еще на протяжении времени  $t_{охол}$ . Процесс сварки завершается после выключения электропневмоклапана ЕПК. Время сварки  $t_{св}$  является величиной расчетной, поскольку определяется длиной шва и скоростью перемещения сварочной горелки. Скорость перемещения горелки поддерживается с необходимой точностью и всегда отличается от номинальной.

*3.4 Разработка сборочных чертежей установки.* Для разработки сборочного чертежа сварочной установки нужно из числа универсального оборудования общего назначения, которое широко применяется и выпускается серийно, выбрать прототип. При этом следует учитывать заданный способ сварки и параметры режима сварки, требования о необходимости автоматического регулирования параметров, функциональный состав установки по результатам выполнения подраздела 3.2 и т. д.

В конструкции установки необходимо предусмотреть все составляющие, определенные на этапе разработки функциональной схемы. Чертежи должны содержать, по меньшей мере, две проекции сварочной установки. Обычно приводят проекции вида сбоку и вида спереди. К чертежам установки составляют спецификацию.

На чертеже установки для дуговой сварки необходимо изобразить и обозначить следующие основные составные части.

- 1 Корпус.
- 2 Сварочный инструмент (горелка, мундштук).
- 3 Механизм подачи проволоки (электродной или присадочной).
- 4 Механизм перемещения аппарата со скоростью сварки.
- 5 Средства создания защитной среды.
- 6 Механизмы коррекции положения сварочного инструмента (вертикальный, горизонтальный, механизм наклона, поворота и т. д.).
- 7 Механизм перемещения аппарата с маршевой скоростью (в случае необходимости).

8 Средства автоматического управления (если предусмотрено).

9 Блок управления с пультом управления.

10 Кассету с проволокой (если технологией предусмотрена подача проволоки в зону сварки).

На чертеже машины для сварки давлением необходимо изобразить и обозначить следующие основные составные части.

1 Корпус.

2 Детали вторичного контура.

3 Автоматический выключатель.

4 Тиристорный контактор.

5 Пневмоцилиндр или электрический привод.

6 Маслораспределитель.

7 Воздушный фильтр.

8 Электропневмоклапан.

9 Устройство управления сварочным циклом.

10 Двигатель привода вращения роликов (для машины шовной контактной сварки).

11 Устройство регулирования скорости вращения сварочных роликов (для машины шовной контактной сварки).

12 Тахогенератор (для машины шовной контактной сварки).

13 Пневмоцилиндры зажима (для машины контактной стыковой сварки).

14 Привод оплавления и осадки (для машины контактной стыковой сварки).

В пояснительной записке приводят описание спроектированной установки с детальным объяснением конструкции каждого из узлов, входящих в её состав в соответствии со сборочным чертежом со ссылкой на номер документа. В том же разделе дают сведения об установке с таблицей ее технических характеристик.

*3.5 Обоснование выбора и технические данные источники питания дуги (только для проектов, связанных со сваркой плавлением). Основными критериями для выбора источника питания являются: род тока, способ сварки, номинальный сварочный ток, номинальное рабочее напряжение и продолжительность нагрузки ПН.*

В зависимости от способа сварки и рода тока необходимо выбрать форму вольт-амперной характеристики (ВАХ) источника питания [5].

Руководствуясь выбранным режимом сварки, следует выбирать источник питания таким образом, чтобы обеспечить необходимый сварочный ток и напряжение на дуге. Сварочные источники питания выпускаются для разных диапазонов сварочного тока. Нужно выбирать источник питания по номинальному току, который близок к току сварки. Использование источника питания с очень высоким номинальным током неэффективно и приводит к большому потреблению энергии при работе.

Необходимо учесть режим работы источника питания (непрерывный или повторно-кратковременный), параметры силовой сети, к которой предполагается подключить источник питания. Выбор источника в зависимости от техниче-

ских характеристик осуществляется из литературы [14] или каталогов производителей сварочного оборудования.

*3.6 Разработка электрической схемы установки.* Электрическую принципиальную схему установки разрабатывают на основе электрической схемы прототипа. Она должна содержать все составляющие, выбранные на этапе разработки функциональной схемы. В схеме установки должны быть предусмотрены элементы ее модернизации относительно прототипа, необходимость в которой определяют при выполнении подраздела 3.2. Модернизацию следует проводить, руководствуясь информацией, приведенной в [13 – 14] и в сети Интернет.

К чертежу электрической принципиальной схемы установки составляют перечень элементов, который вносят в приложение к дипломному проекту. Работу данной схемы описывают в пояснительной записке.

Рекомендуемая структура подраздела.

*3.6.1 Работа схемы в режиме отладки* (если такое предусмотрено).

*3.6.2 Работа схемы в режиме сварки.* Описывается способ возбуждения сварочной дуги, работа в стационарном режиме сварки, способ завершения процесса сварки – для установок сварки плавлением; работа схемы на каждом из этапов циклограммы процесса сварки – для машин сварки давлением.

*3.7 Разработка пневматической (гидравлической) схемы установки.* Составляется в случае необходимости в соответствии с функциональной схемой установки. В пояснительной записке приводится описание работы схемы.

*3.8 Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции установки и её узлов* (только для проектов, связанных со сваркой плавлением). В разделе приводят расчеты механизмов и устройств, входящих в состав сварочной установки. Механизмы и устройства, подлежащие расчету, согласовываются с руководителем проекта.

*3.9 Данные сравнения основных характеристик установки с характеристиками аналогов.* В разделе приводят основные технические характеристики спроектированной установки и характеристики аналогичных современных сварочных установок и оборудования. Установки, с которыми сравнивают разработку, должны быть предназначены для того самого способа сварки, что и разрабатываемая установка и для аналогичных условий работы. Технические характеристики разработанной установки и аналогов приводят в виде таблицы.

После составления таблицы формулируют вывод, в котором указывают, какие именно характеристики установки были изменены с целью улучшить работу установки для заданных условий работы.

*Глава 4 «Обеспечение качества выпускаемой продукции».*

*4.1 Структура системы обеспечения качества на предприятии.*

*4.2 Входной контроль.*

*4.3 Приемочный контроль.*

*4.4 Стандартизация, метрология и оценка соответствия.*

*Глава 5 «Расчет участка».*

Расчет участка целесообразно выполнять вместе с экономической частью дипломного проекта, пользуясь рекомендациями [9]. Он состоит из следующих разделов: расчет количества оборудования; расчет количества рабочих, слу-

жащих, ИТР; выбор транспортных средств; расчет площадей участка; разработка планировки участка.

Методические рекомендации по выполнению глав 4 и 5 соответствуют разделу 3 «Содержание технологического дипломного проекта» тех же глав.

*Глава 6 «Охрана труда».*

Должны быть выполнены конкретные расчеты, касающиеся спроектированной установки, например, расчет заземления, изложен перечень вредных факторов, влияющих на оператора, методы защиты от них. При этом следует пользоваться методическими указаниями кафедры «Охрана труда».

*Глава 7 «Энерго- и ресурсосбережение».*

Излагаются решения, принятые в дипломном проекте по энерго- и ресурсосбережению. В пояснительной записке должны быть приведены конкретные расчеты по экономии электроэнергии и материалов.

*Глава 8 «Экономическая часть».*

Выполняется по [9].

*Заключение.* В заключении указывается конкретно, какие изменения, по сравнению с базовым вариантом, внесены в дипломный проект, что это дало с технической и экономической точки зрения. Приводится годовой экономический эффект от реализации технических решений.

Список литературы

Приложение А. Карты технологического процесса.

Приложение Б. Спецификация чертежей.

Приложение В. Перечень элементов.

Приложение Г. Программы расчета на ЭВМ.

Графическая часть и расчетно-пояснительная записка дипломного проекта должны составлять единое целое и дополнять друг друга. Чертежи используются для пояснения принятых в дипломном проекте решений по проектированию сварочной установки.

Обычно графическая часть конструкторского проекта должна содержать следующие материалы.

1 Чертеж изделия, технологические чертежи (1—2 листа формата А1). На чертеже изделия приводятся внесенные изменения и обозначения сварных швов. Изображается в аксонометрии последовательность сборки и сварки изделия. Дается таблица сварных швов с указанием массы наплавленного металла, параметров режимов сварки, наименования сварочных материалов, их расход.

2 Результаты анализа литературы и патентных исследований (1 лист).

3 Результаты компьютерных расчетов и моделирования (1—2 листа). (1 лист).

4 Инструкции на технологический процесс сварки (pWPS, WPS) по ГОСТ 15614-1-2009 (1 лист).

5 Функциональная схема установки. Циклограммы работы (1 лист).

6 Схемы: электрическая принципиальная, пневматическая, гидравлическая (1—2 листа)

7 Сборочные чертежи установки и её узлов (2—4 листа).

8 Планировка участка(1 лист).

9 Технические характеристики спроектированной установки и сравнение с аналогами (1 лист).

10 Экономические показатели проекта (1 лист).

Всего выполняется 10–12 листов формата А1. Конкретный перечень чертежей согласовывается с руководителем дипломного проектирования.

## **6 Порядок оформления и защиты дипломного проекта**

Дипломный проект цельная и законченная работа, в которой соединены в единое инженерная, организационная и экономическая части разрабатываемой темы. Проект должен быть выполнен самостоятельно, он является квалификационной работой, по результатам которой студенту присваивается квалификация «инженер» по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». Студент лично несет ответственность за все принятые в проекте решения.

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Текст пишется чертежным шрифтом или набирается на компьютере и оформляется согласно ГОСТ 2.105-95. Первой страницей является титульный лист, на котором ставят свои подписи студент, руководитель проекта, консультанты по экономике, охране труда, САПР, нормоконтролер, а также заведующий кафедрой. Вторая страница – задание на дипломное проектирование, которое выдается руководителем и оформляется на специальном бланке. В задании должны быть заполнены все графы, а также стоять подписи студента и руководителя дипломного проектирования. Каждая новая глава начинается со страницы с большим штампом, остальные страницы имеют малый штамп. Разделы «Экономика» и «Охрана труда» должны быть подписаны соответствующими руководителями. Объем пояснительной записки 60–80 страниц.

Карты технологических процессов, спецификации к чертежам, перечень элементов схемы электрической принципиальной установки, компьютерные распечатки выносятся в приложения.

Если выполняется комплексный проект, каждый соавтор пишет отдельную пояснительную записку, со своим отдельным заданием, подписанным руководителем. Чертежи также оформляются и подписываются каждым соавтором самостоятельно.

Графическая часть выполняется карандашом, тушью или на компьютере на листах формата А1. Если одно приспособление изображено на нескольких листах, они должны быть под одним номером и названием. В графе «Всего листов» указывается количество листов под одним названием.

Каждый лист нумеруется 1, 2, 3 и т. д. Если вид приспособления в масштабе больше формата А1, допускается объединение листов в больший формат под одну рамку и один штамп. Свариваемые узлы в приспособлениях обозначаются тонкими, нецветными линиями.

Элементы на схеме электрической принципиальной изображают условными графическими обозначениями, установленными в стандартах: элементы и приборы, которые имеют не одно положение контактов, в положении, когда ток

отсутствует; элементы и приборы, которые приводятся в действие механически, в нулевом или отключенном положении. Данные об элементах и приборах, представленных на схеме установки, записывают в перечень элементов.

Полностью оформленный, со всеми чертежами и переплетенной запиской, подписанный студентом и консультантами дипломный проект с отзывом руководителя за неделю до защиты представляется заведующему кафедрой для утверждения и направления на внешнюю рецензию. После получения рецензии студент считается допущенным к защите проекта, на которую он должен явиться в соответствии с графиком. Защита заслушивается Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК) в составе председателя – работника промышленного предприятия или научного учреждения, специалистов по экономике, охране труда и четырех-пяти преподавателей кафедры.

Во время защиты студент делает устный доклад в течение 5–10 мин в той же последовательности, как изложен материал в записке.

Для *технологического проекта*: тема проекта, назначение и характеристика изделия, анализ базового варианта, разработанная маршрутная технология, способ сварки, режимы, материалы, оборудование, технологическая оснастка, изменения, внесенные в базовый вариант, экономические показатели.

Для *конструкторского проекта*: тема проекта, назначение и характеристика изделия, анализ базового варианта конструкции установки, разработанный технологический процесс сборки и сварки изделия, конструкция разработанной сварочной установки, функциональная и электрическая принципиальная схемы, технические характеристики по сравнению с аналогами, экономические показатели.

После доклада студент отвечает на вопросы членов Государственной экзаменационной комиссии, которые, могут быть заданы по материалам дипломного проекта или касаться любой дисциплины, изучавшейся в университете. Оценка студенту выставляется по результатам голосования членов ГЭКа и объявляется после защиты всех студентов, проводимой в данный день.

#### Список литературы

1 **Белоконь, В. М.** Производство сварных конструкций : учеб. пособие / В. М. Белоконь. – Могилев: ММИ, 1998. — 139 с.

2 **Березиенко, В. П.** Технология сварки давлением: учеб. пособие / В. П. Березиенко, С. Ф. Мельников, С. М. Фурманов. – Могилев: Белорус.- Рос. ун-т, 2009. – 256 с.: ил.

3 **Березиенко, В. П.** Основы технологии современных способов сварки давлением : учеб. пособие / В. П. Березиенко. – Могилев: ММИ, 1994. – 98 с.

4 **Красовский, А. Н.** Основы проектирования сварочных цехов / А. Н. Красовский. – М. : Машиностроение, 1980. – 445 с.

5 **Куликов, В. П.** Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учеб. пособие / В. П. Куликов. – Минск: Экоперспектива, 2003. – 415 с.

6 **Лупачёв, В. Г.** Безопасность труда при производстве сварочных работ : учеб. пособие / В. Г. Лупачёв. – Минск: Высш. шк., 2008. – 192 с.

7 **Лупачёв, В. Г.** Ручная дуговая сварка : учебник / В. Г. Лупачёв. – Минск: Высш. шк., 2007. – 416 с.

8 **Немогай, Н. В.** Управление качеством : учебник / Н. В. Немогай, Н. В. Бонцевич, В. В. Садовский. – Гомель: Центр исследования институтов рынка, 2006. – 361 с.

9 Организация производства: метод. указания для выполнения дипломного проекта студентами специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» / Сост. А. Г. Барановский, И. Я. Курсова, Л. И. Пушкина. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2005. – 28 с.

10 Технология и оборудование контактной сварки : учебник для вузов / Б. Д. Орлов [и др.]; под ред. Б. Д. Орлова. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.

11 Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве : справ. пособие / С. К. Павлюк [и др.]; под общ. ред. С. К. Павлюка. – Минск: Высш. шк., 1989. – 439 с.

12 **Гладков, Э. А.** Управление процессами и оборудованием при сварке. М.: ИЦ «Академия», 2006. – 432 с.

13 **Александров, К. К.** Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.: ил.

14 **Милютин, В. С.** Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / В. С. Милютин, Р. Ф. Катаев. – М. : ИЦ «Академия», 2010. – 368 с.