

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

# ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов направления подготовки  
15. 03. 01 «Машиностроение»  
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 621.791  
ББК 30.61  
П80

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного  
производства» «26» апреля 2022 г., протокол № 10

Составитель канд. техн. наук, доц. С. Н. Емельянов

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации к практическим занятиям предназначены  
для студентов направления подготовки 15. 03. 01 «Машиностроение».

Учебно-методическое издание

## ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Ответственный за выпуск

А. О. Коротеев

Корректор

Т. А. Рыжикова

Компьютерная верстка

Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ.л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

1 Практическое занятие № 1. Расчет элементов сварных соединений, выполненных встык и внахлестку по предельному состоянию и допускаемым напряжениям.....	4
2 Практическое занятие № 2. Расчет обратного выгиба балки и усилия прижатия к приспособлению.....	12
3 Практическое занятие № 3. Определение необходимого количества сварочных и вспомогательных материалов.....	15
4 Практическое занятие № 4. Изучение расчета технических норм времени на сборку и сварку вагона.....	19
5 Практическое занятие № 5. Определение требуемой численности работающих в сборочно-сварочном цехе.....	24
6 Практическое занятие № 6. Изучение основных технических нормативно-правовых актов и их применение в сварочном производстве.....	27
Список литературы.....	32

# 1 Практическое занятие № 1. Расчет элементов сварных соединений, выполненных встык и внахлестку по предельному состоянию и допускаемым напряжениям

## Основные теоретические сведения

Методы расчета сварных соединений на прочность подразделяются на две основные группы (рисунок 1.1).

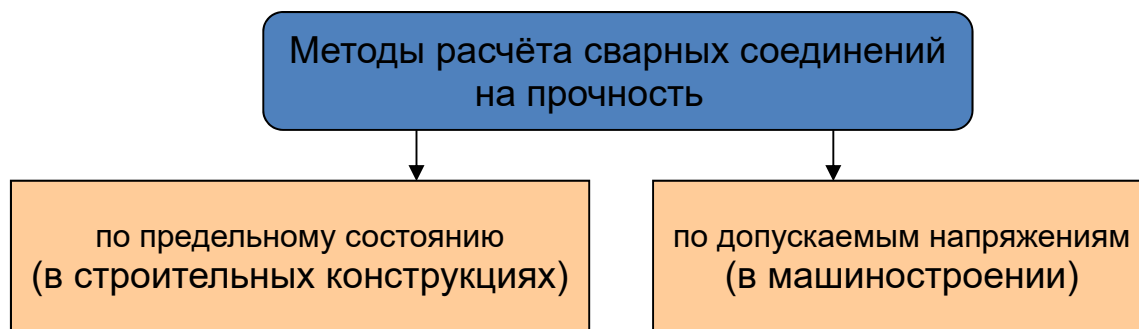


Рисунок 1.1 – Методы расчета сварных соединений на прочность

Расчеты по **предельному состоянию** (по несущей способности) приняты в строительных организациях. Существует несколько предельных состояний, ограничивающих возможность нормальной эксплуатации конструкций. Первое расчетное предельное состояние определяется несущей способностью конструкции: ее прочностью, устойчивостью, выносливостью при динамических и переменных нагрузках. Второе расчетное предельное состояние обусловлено наибольшей деформацией конструкции: прогибами при статических нагрузках, колебаниями при динамических. Третье расчетное предельное состояние характеризуется максимально допустимыми местными повреждениями, например, величиной раскрытия трещин, коррозией и т. п.

В большинстве случаев расчет металлических конструкций производится по первому предельному состоянию – по условию прочности, однако в отдельных случаях размеры частей конструкции устанавливают в зависимости от предельно допустимых деформаций. При этом расчет производится по условию жесткости.

В основу расчета по первому предельному состоянию положены так называемые **нормативные сопротивления**  $R^{норм}$ . В качестве нормативного сопротивления принят минимальный предел текучести стали  $\sigma_T$  (или предел прочности  $\sigma_B$ ).

С учетом неоднородности свойств стали нормативные сопротивления заменяются **расчетными сопротивлениями**  $R$ . Расчетное сопротивление устанавливают равным пределу текучести  $\sigma_T$ , деленному на коэффициент надежности по материалу  $K_H$ , который для проката и труб равен  $1,025 \dots 1,1$ .

Расчетные сопротивления сварных соединений для различных видов соединений и напряженных состояний приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Расчетные сопротивления сварных соединений

Тип сварного соединения	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление сварных соединений по пределу текучести, МПа						
			Тип сварочного материала						
			Э42 Э42А Св-08 Св-08А	Э46 Э46А Св-08ГА	Э50 Э50А Св-10ГА Св-08ГС	Э55	Э60 Э60А	Э70	Э85
Стыковое	Сжатие	$R_{СЖ}^{СВ}$	210	260	280	340	380	440	530
	Растяжение, изгиб: а) автоматическая, механизированная и РДС с физическим контролем качества швов	$R_P^{СВ}$	210	260	280	340	380	440	530
			180	220	250	–	–	–	–
	Срез	$R_{СР}^{СВ}$	130	150	170	200	230	260	310
Угловое	Срез	$R_{УГ}^{СВ}$	150	180	200	220	240	280	340

При расчете по первому предельному состоянию находят величины допускаемых усилий в элементах. Допускаемые усилия определяют с учетом коэффициента возможной *перегрузки конструкции*  $n$  и *коэффициента условий работы*  $m$ , учитывающего специфический характер работы конкретных объектов рассматриваемой области техники. Коэффициенты перегрузки и условий работы определяют для стропильных ферм зданий, резервуаров, трубопроводов и т. п. на основе всестороннего изучения работы конструкции

Коэффициент перегрузки обычно принимают равным от 1 до 1,2; коэффициент условий работы для балок, колонн, резервуаров – от 0,8 до 0,9.

Допускаемые усилия в элементе при продольной силе определяют по формуле:

$$N_{\text{доп}} \leq R \frac{m}{n} A_w, \quad (1.1)$$

где  $A_w$  – площадь сечения элемента.

Аналогичным путем находят допускаемый момент при изгибе:

$$M_{\text{доп}} \leq R \frac{m}{n} W, \quad (1.2)$$

где  $W$  – момент сопротивления расчетного сечения.

Таким образом, основными расчетными формулами для проверки прочности являются выражения (1.1) и (1.2).

### Задание 1

Требуется провести расчет сварного соединения с угловыми швами на действие усилия отрыва  $N$  (рисунок 1.2) по первому предельному состоянию.

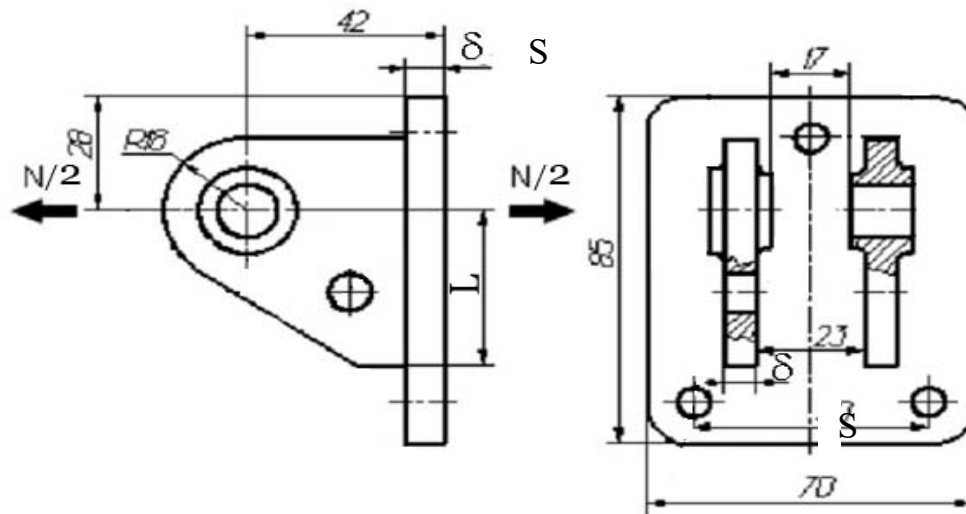


Рисунок 1.2 – Расчетная схема сварного соединения

Сила  $N$  и размеры, необходимые для проведения расчета, выбираются из таблицы 1.2 согласно варианту, указанному преподавателем.

Таблица 1.2 – Исходные данные для расчета

Номер варианта	Способ сварки, положение сварки	Материал конструкции	Минимальный предел прочности стали $\sigma_B^{\text{min}}$ , МПа	Сварочный материал	Сила $N$ , кН	Толщина $S$ , мм	Длина изделия $L$ , мм	Коэффициент условий работы $\gamma_c$
1	РДС, нижнее	09Г2С	450	Э50А Ø 3	40	3	30	1
2	Механизированная в $\text{CO}_2$ , нижнее	09Г2С	450	Св-08Г2С Ø 1,2	50	4	30	
3	Автоматическая под флюсом, в лодочку	ВСтЗсп	370	Св-08А Ø 1,6	85	5	40	
4	РДС, в лодочку	Сталь 20	390	Э42 Ø 4	80	6	40	

### Решение

Сварные соединения с угловыми швами при действии продольной и поперечной сил согласно СНиП II-23-81 следует рассчитывать на срез (условный) по двум сечениям (рисунок 1.3):

– по металлу шва (сечение 1)

$$N/(\beta_f K l_{шва}) \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c; \quad (1.3)$$

– по металлу границы сплавления (сечение 2)

$$N/(\beta_z K l_{шва}) \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c, \quad (1.4)$$

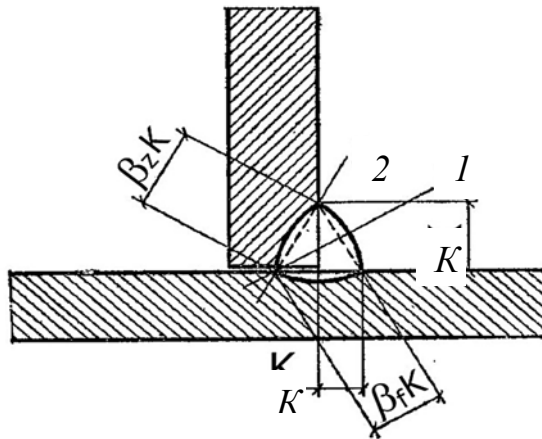
где  $l_{шва}$  – эффективная длина шва, принимаемая меньше его полной длины на 10 мм при отсутствии выводных планок;

$\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты, принимаемые при сварке элементов из стали: с пределом текучести до 530 МПа – по рисунку 1.4; с пределом текучести свыше 530 МПа независимо от вида сварки, положения шва и диаметра сварочной проволоки  $\beta_f = 0,7$  и  $\beta_z = 1$ ;

$\gamma_{wf}, \gamma_{wz}$  – коэффициенты условий работы шва, равные 1 во всех случаях, кроме конструкций, возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и III<sub>3</sub>, для которых  $\gamma_{wf} = 0,85$  для всех сталей;

$R_{wf}$  – расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, МПа;

$R_{wz}$  – расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления,  $R_{wz} = 0,45 \sigma_B^{\min}$ , МПа.



1 – сечение по металлу шва; 2 – сечение по металлу границы сплавления

Рисунок 1.3 – Схема расчетных сечений сварного соединения с угловым швом

Из формул 1.3 и 1.4 находим значения катета шва  $K$  для двух вариантов расчетных сечений и принимаем значение катета, обеспечивающее прочность сварного соединения.

$$R_{wf} = 0,55 \frac{R_{wun}}{\gamma_{wm}}. \quad (1.5)$$

где  $R_{wun}$  – нормативное сопротивление металла шва по временному сопротивлению, МПа. Значения коэффициента надежности по материалу шва  $\gamma_{wm}$  следует принимать равными: 1,25 – при значениях  $R_{wun}$  не более 490 МПа; 1,35 – при значениях  $R_{wun}$ , равных 590 МПа и более.

Вид сварки при диаметре сварочной проволоки $d$ , мм	Положение шва	Коэффициент	Значения коэффициентов $\beta_f$ и $\beta_z$ при катетах швов, мм			
			3–8	9–12	14–16	18 и более
Автоматическая при $d=3-5$	В лодочку	$\beta_f$	1,1			0,7
		$\beta_z$	1,15			1
	Нижнее	$\beta_f$	1,1	0,9	0,7	
		$\beta_z$	1,15	1,05		1
Автоматическая и полуавтоматическая при $d=1,4-2$	В лодочку	$\beta_f$	0,9	0,8	0,7	
		$\beta_z$	1,05		1	
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	$\beta_f$	0,9	0,8	0,7	
		$\beta_z$	1,05	1		
Ручная; полуавтоматическая проволокой сплошного сечения при $d < 1,4$ или порошковой проволокой	В лодочку нижнее, горизонтальное, вертикальное, потолочное	$\beta_f$	0,7			
		$\beta_z$	1			

Рисунок 1.4 – Значения коэффициентов  $\beta$

Для швов, выполняемых ручной сваркой, значения  $R_{wun}$  следует принимать равными значениям временного сопротивления разрыву металла шва  $\sigma_B^{\min}$ . Для швов, выполняемых автоматической или механизированной сваркой, значение  $R_{wun}$  следует принимать по таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Значения нормативного сопротивления металла шва  $R_{wun}$

Марка проволоки (по ГОСТ 2246–70*) для автоматической или механизированной сварки		Марка порошковой проволоки (ГОСТ 26271–84)	Значение нормативного сопротивления металла шва $R_{wun}$ , МПа
Под флюсом (ГОСТ 9087–81*)	В углекислом газе (ГОСТ 8050–85) или в его смеси с аргоном (по ГОСТ 10157–79*)		
Св-08, Св-08А	–	–	410
Св-08ГА	–	–	450
Св-10ГА	Св-08Г2С	ПП-АН8, ПП-АН3	490
Св-10НМА, Св-10Г2	Св-08Г2С*	–	590
Св-09ХН2ГМЮ Св-08Х1ДЮ	Св-10ХГ2СМА Св-08ХГ2ДЮ	–	685

\* При сварке проволокой Св-08Г2С значения  $R_{wun}$  следует принимать равным 590 МПа ( $6000 \text{ кг/см}^2$ ) только для угловых швов с катетом  $K \leq 8$  мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа ( $4500 \text{ кг/см}^2$ ) и более



Минимальный катет шва в машиностроении принимают равным 3 мм, исключения составляют конструкции, в которых толщина самого металла менее 3 мм. Верхний предел толщины катетов швов не ограничен, но катеты свыше 20 мм встречаются крайне редко.

В основу расчета машиностроительных конструкций и соединений положены допускаемые напряжения, которые устанавливаются в зависимости от следующих факторов: свойств материалов, степени точности расчета прочности, рода усилий (растяжение, сжатие, изгиб и срез), качества технологического процесса, характера нагрузок (переменные или статические).

Допускаемые напряжения при растяжении  $[\sigma]_p$  называют основными. Допускаемые напряжения при других видах усилий определяются как производные от  $[\sigma]_p$  (таблица 1.4). Допускаемые напряжения в швах машиностроительных конструкций устанавливаются в зависимости от допускаемых напряжений основного металла.

Например, при сварке низкоуглеродистой стали марки Ст3, для которой допускаемое напряжение  $[\sigma]_p = 160$  МПа, допускаемые напряжения в швах, выполненных дуговой автоматической сваркой и электродами Э42А, будут следующие:  $[\sigma']_p = 160$  МПа;  $[\sigma']_{сж} = 160$  МПа;  $[\tau'] = 100$  МПа. При сварке электродами Э42 –  $[\sigma]_p = 144$  МПа;  $[\sigma']_{сж} = 160$  МПа;  $[\tau'] = 96$  МПа, где  $[\tau']$  – допускаемое напряжение в шве при срезе.

Таблица 1.4 – Допускаемые напряжения для швов соединений низкоуглеродистых сталей обыкновенного качества

Род усилия	Тип шва	Процесс сварки	Допускаемое напряжение
Растяжение, сжатие	Стыковой	Дуговая, автоматическая и механизированная под флюсом, в CO <sub>2</sub>	$[\sigma]_p$
		Дуговая электродами Э42А, Э46А, Э50А	$[\sigma]_p$
		Контактная, диффузионная	$[\sigma]_p$
		Электронно-лучевая	$[\sigma]_p$
Срез	Угловой	Дуговая, автоматическая и механизированная под флюсом, в CO <sub>2</sub>	$0,8[\sigma]_p$
	Стыковой	Дуговая, автоматическая и механизированная под флюсом, в CO <sub>2</sub>	$0,65[\sigma]_p$

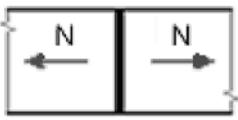

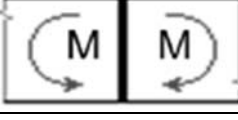
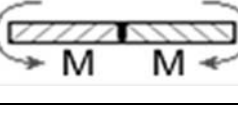
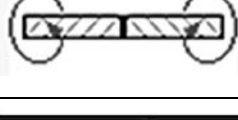
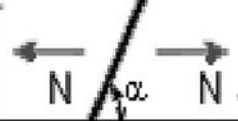
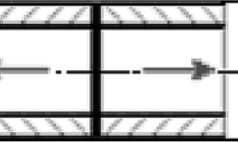
Сварные соединения сталей, выполненные дуговой сваркой, по определению допускаемых напряжений делят на две группы.

К первой группе относятся швы низкоуглеродистых сталей обыкновенного качества и низколегированных, у которых механические свойства швов и околошовной зоны соответствуют свойствам основного металла. Для швов второй группы сталей, допускаемые напряжения назначаются на основе специально проведенных экспериментов в условиях, соответствующих работе проектируемой сварной конструкции, видам соединений и т. д.

Аналогичным образом допускаемые напряжения назначаются на основе специальных экспериментов для соединения сталей первой группы при холодной сварке, сварке трением, ультразвуком и другими специальными методами.

Для сварных швов, нагруженных комбинированной нагрузкой, результирующие эквивалентные напряжения в шве определяются по теориям прочности. Зависимости для определения отдельных компонент напряжений представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Формулы для расчета компонент напряжений в стыковых швах

Схема нагрузки шва		Формула для компоненты напряжений
Вид нагрузки	Эскиз	
Растяжение/сжатие		$\sigma_{\perp} = \frac{N}{A_w} = \frac{N}{L_w \cdot a_w}$
Сдвиг (срез)		$\tau_{\parallel} = \frac{N}{A_w} = \frac{N}{L_w \cdot a_w}$
Изгиб		$\sigma_{\perp} = \frac{M}{W_w} = \frac{6 \cdot M}{L_w^2 \cdot a_w}$
Изгиб		$\sigma_{\perp} = \frac{M}{W_w} = \frac{6 \cdot M}{L_w \cdot a_w^2}$
Кручение		$\tau_{\perp} = \frac{T}{Z_w} = \frac{T}{\delta \cdot L_w \cdot a_w^2}; \delta = \frac{L_w}{3L_w + 1,8a_w}$
Растяжение косо́го шова		$\sigma_{\perp} = \frac{N \cdot \cos \alpha}{A_w} = \frac{N \cdot \cos^2 \alpha}{L_w \cdot a_w}$ $\tau_{\parallel} = \frac{N \cdot \sin \alpha}{A_w} = \frac{N \cdot \sin 2\alpha}{2 \cdot L_w \cdot a_w}$
Растяжение/сжатие кольцевого шва		$\sigma_{\perp} = \frac{N}{A_w} = \frac{4 \cdot N}{\pi(D^2 - d^2)};$ $d = D - 2 \cdot a_w$
<p><i>Примечание</i> – <math>A_w</math> – площадь сечения шва в расчетах на прочность, мм<sup>2</sup>; <math>a_w</math> – толщина шва в расчетах на прочность, мм; <math>L_w</math> – эффективная длина сварного шва, мм; <math>W_w</math> – момент сопротивления сечения шва при изгибе, мм<sup>3</sup>; <math>Z_w</math> – момент сопротивления сечения шва при кручении, мм<sup>3</sup></p>		

Исходя из условия равнопрочности шва и основного металла расчетные усилия определяют:

$$- \text{при растяжении } N \leq [\sigma']_p A_w; \quad (1.6)$$

$$- \text{при сжатии } N \leq [\sigma']_{сж} A_w; \quad (1.7)$$

$$- \text{при изгибе } N \leq [\sigma']_p W. \quad (1.8)$$

Таким образом, основными расчетными формулами для проверки прочности являются выражения (1.6)–(1.8).

## Задание 2

Определите длину стыкового сварного шва типа С7 (двухсторонний без разделки кромок), который сможет воспринимать заданную растягивающую силу  $N$  (таблица 1.6). Сила приложена по линии центра тяжести сварного соединения. Расчет выполнить по допускаемым напряжениям  $[\sigma]_p$ . Шов выполняется на выводных планках.

Таблица 1.6 – Исходные данные к заданию 2

Номер варианта	Способ сварки, материал	Сварочный материал	Толщина деталей $S$ , мм	Сила $N$ , кН	Допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma]_p$ , МПа
0	Под флюсом, Ст3	Св-08А Ø1,6	6	57	160
1	РДС, Ст3	Э42А Ø3	3	14	160
2	РДС, Ст3	Э42 Ø4	4	23	144
3	Под флюсом, Ст3	Св-08А Ø1,6	7	78	160
4	Механизированная в CO <sub>2</sub> , Ст3	Св-08Г2С Ø1,2	5	40	160

На стыковой шов действует нагрузка на растяжение, а значит, в его сечении возникает только компонента нормальных напряжений  $\sigma_{\perp} = \frac{N}{A_w} = \frac{N}{L_w \cdot a_w}$ . Толщина шва будет равна толщине свариваемых деталей:  $a_w = S = 6$  мм. Условие прочности будет выглядеть следующим образом  $\sigma_{\perp} = \frac{N}{L_w \cdot a_w} \leq [\sigma]_p$ , откуда эффективная длина шва

$$L_w = \frac{N}{[\sigma]_p \cdot a_w} = \frac{57 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 0,059 \text{ м.}$$

Так как по условию задачи шов выполнен на выводных планках, то с учетом округления принимаем длину, равную 60 мм.

### Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют виды предельных состояний для расчета строительных металлоконструкций?
- 2 Как определить расчетные усилия при проектировании сварных швов?
- 3 Как устанавливаются допускаемые напряжения в швах металлоконструкций?

### Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Необходимые расчеты согласно варианту.

## 2 Практическое занятие № 2. Расчет обратного выгиба балки и усилия прижатия к приспособлению

**Цель занятия:** изучение метода расчета прогиба балки перед сваркой для получения готового изделия с деформацией изгиба в пределах допуска; определение усилий прижатия балки к приспособлению.

При расчете необходимого обратного выгиба или усилия прижатия балки принимают нагрузку  $q$  на кромку балки как равномерно распределенную согласно рисунку 2.1.

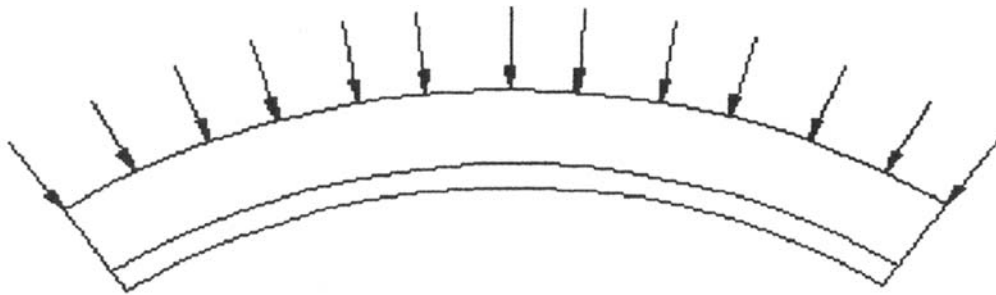


Рисунок 2.1 – Схема нагружения балки

При этом прогиб балки под действием такой нагрузки

$$f_1 = \frac{q \cdot L^4}{E \cdot J} \cdot \frac{5}{384}, \quad (2.1)$$

где  $L$  – длина балки, мм;

$E$  – модуль упругости материала балки, МПа;

$J$  – момент инерции сечения балки, мм<sup>4</sup>.

Прогиб балки от усадочной силы  $P_{yc}$  определяется как

$$f_2 = \frac{P_{yc} \cdot e_0 \cdot L^2}{8E \cdot J}. \quad (2.2)$$

Для предотвращения деформации изгиба прогибы балки от действия усадочной силы и внешней нагрузки должны быть равны:

$$f_1 = f_2.$$

Тогда

$$q = 9,6 \frac{P_{yc} \cdot e}{L^2}. \quad (2.3)$$

Полная нагрузка на балку

$$Q = q \cdot L = \frac{9,6P_{yc} \cdot e}{L}. \quad (2.4)$$

Для случая создания обратного выгиба необходимое усилие (для схемы на рисунке 2.2)

$$Q_1 = \frac{48 f \cdot E \cdot J}{L}. \quad (2.5)$$

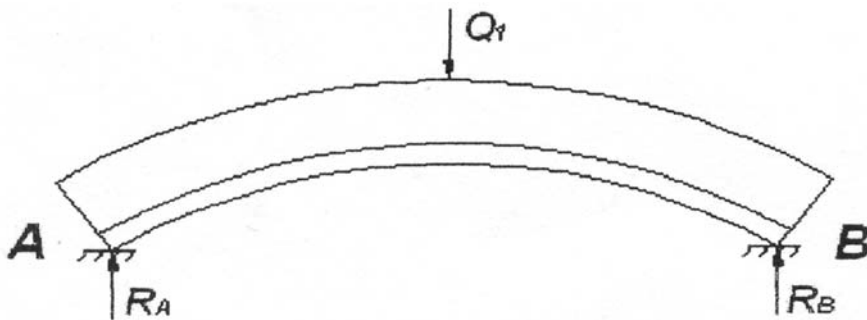


Рисунок 2.2 – Расчетная схема балки

Если в месте приложения силы  $Q_1$  (по схеме на рисунке 2.2) в пределах балки установить упор, то по концам балки для создания требуемого выгиба балки следует приложить усилие

$$R_A = R_B = \frac{Q_1}{2}, \quad (2.6)$$

для схемы на рисунке 2.3

$$Q_2 = Q_3 = \frac{3P_{yc} e L^2}{c(3L^2 - 4c^2)}.$$

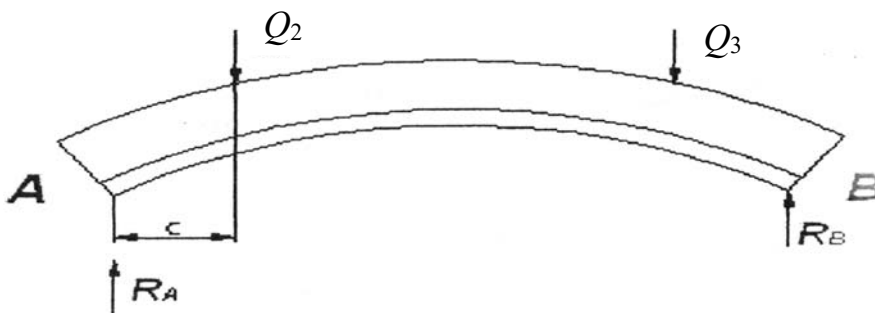


Рисунок 2.3 – Расчетная схема балки

Полученные значения сил  $R_A, R_B, Q_2, Q_3$  могут быть основой для расчета прижимов сборочно-сварочных приспособлений.

Для определения эксцентриситета  $e$  требуется знать место положения центра тяжести сечения. Для тавровой балки при расположении осей координат, как указано на рисунке 2.4, координата центра тяжести определяется по формуле

$$y_c = \frac{S_x}{F}, \quad (2.7)$$

где  $F$  – площадь всего сечения тавра,  $\text{см}^2$ ;  
 $S_x$  – статический момент сечения,  $\text{см}^3$ ,

$$S_x = b\delta_1\left(\frac{b}{2} + \delta_2\right) + a\delta_2\frac{\delta_2}{2}. \quad (2.8)$$

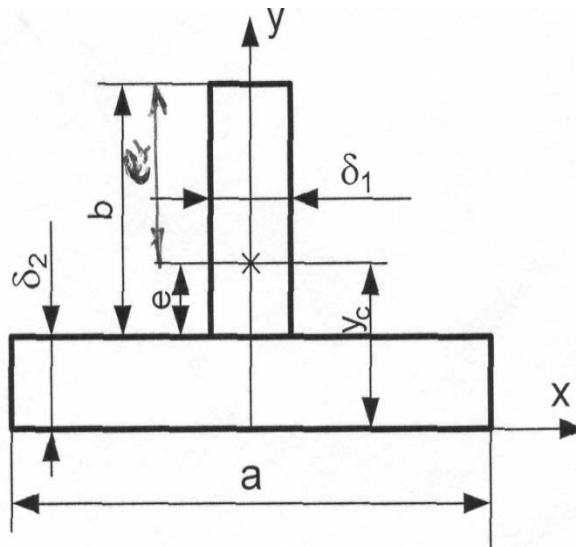


Рисунок 2.4 – Геометрические характеристики тавровой балки

Расстояние от центра тяжести сечения до центра тяжести шва в грубых расчетах может быть принято

$$e = y_c - \delta_2 - \frac{K}{2}, \quad (2.9)$$

где  $K$  – катет сварного шва, мм.

### Задание

Провести расчеты для случая схем на рисунках 2.1–2.3 (значения величин  $K, L, e, P_{yc}$  принять по указанию преподавателя, величину  $s$  принять равной 100 мм).

Проведенные расчеты занести в отчет в табличной форме (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты расчетов

Длина $L$ , мм	Прогиб $f$ , мм	$Q_1$ , кН	$Q_2, Q_3$ , кН	$R_A$ , кН	$R_B$ , кН

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какими способами можно обеспечить создание обратного выгиба балки?
- 2 С какой целью определяют усилие прижатия к приспособлению?
- 3 Какие меры можно применять для уменьшения деформации при изготовлении балок?

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Необходимые расчеты согласно варианту.
- 4 Выводы.

## **3 Практическое занятие № 3. Определение необходимого количества сварочных и вспомогательных материалов**

**Цель занятия:** приобретение практических навыков в расчетах количества наплавленного металла, сварочной проволоки, электродов, защитных газов, флюсов, электроэнергии и вспомогательных материалов на основе разработанного технологического процесса сборки и сварки данной сварной конструкции.

### **Методическое обеспечение:**

- методические указания при проведении практической работы;
- чертежи сварных конструкций;
- технологический процесс изготовления сварной конструкции.

### ***Последовательность выполнения практической работы***

- 1 Изучить конструкцию сварного узла.
- 2 Вычислить общую длину сварных швов.
- 3 Выбрать исходя из катета и технологического процесса площадь поперечного сечения шва.
- 4 Рассчитать вес наплавленного металла.
- 5 Рассчитать расход электродов для ручной дуговой сварки, расход сварочной проволоки для полуавтоматической или автоматической сварки.
- 6 При необходимости рассчитать расход флюса для сварки под слоем флюса.
- 7 Рассчитать расход защитных газов.

- 8 Рассчитать расход электроэнергии.
- 9 Составить отчет.
- 10 Ответить на контрольные вопросы.

### ***Основные теоретические положения***

Масса наплавленного металла сварного шва  $M_{\Sigma HM}$ , г, определяется по формуле

$$M_{\Sigma HM} = \sum F_H \cdot \sum L_{III} \cdot \gamma, \quad (3.1)$$

где  $\sum F_H$  – сумма площадей наплавленного металла всех швов, см<sup>2</sup>;  
 $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;  
 $\sum L_{III}$  – сумма длин всех швов, см.

В отчете необходимо расчетным путём определить расход электродов, сварочной проволоки, флюса, защитного газа для изготовления одного изделия и годовой программы. При определении расхода электродов учитывается вес наплавленного металла, а также все неизбежные потери металла в процессе сварки на угар и разбрызгивание.

Расход электродов при ручной дуговой сварке,  $G_{эл}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{эл} = \psi_э \cdot M_{\Sigma HM}, \quad (3.2)$$

где  $\psi_э$  – коэффициент расхода, учитывающий потери электродов на огарки, угар и разбрызгивание металла;  
 $M_{\Sigma HM}$  – масса наплавленного металла.

Значения  $\psi$  для различных типов и марок электродов указаны таблице 3.1.

Расход проволоки при автоматической сварке под флюсом или в CO<sub>2</sub>,  $G_{ПП}$ , кг, рассчитывается по формуле

$$G_{ПП} = M_{\Sigma HM} \cdot (1 + \psi_n), \quad (3.3)$$

где  $\psi_n$  – коэффициент потерь проволоки.

Для определения расхода флюса учитывается его расход на образование шлаковой корки и неизбежные потери на просыпание при сборке изделия и на распыление.

Расход флюса на изделие  $G_\phi$ , кг определяется по формуле:

$$G_\phi = \psi_\phi \cdot G_{ПП}, \quad (3.4)$$

где  $G_\phi$  – масса израсходованного флюса, кг;

$\psi_\phi$  – коэффициент, выражающий отношение массы израсходованного флюса



к массе сварочной проволоки и зависящий от типа сварного соединения и способа сварки (таблица 3.2);

$G_{лп}$  – масса расходуемой проволоки, кг.

Таблица 3.1 – Коэффициент расхода  $\psi$  при различных способах сварки

Способ сварки	$\psi$
Ручная дуговая сварка электродами марок: ВСЦ-3, ОЗЛ-4, КУ-2	1,4
АН-1, ОМА-11, АНО-1	1,5
УОНИ-13/45, ВСП-1, МР-1, АМО-5, ОЗС-3, АНО-3, ОЗС-6, УП-1/5	1,6
МР-3, НИАТ-6, ЗИО-7, АНО-4, ОЗС-4, К-5А, УОНИ-13/55	1,7
ОММ-5, СМ-5, ВСЦ-2, ЦЛ-11	1,8
УТ-15, ЦТ-17	1,9
ОЗА-1, ОЗА-2	2,3
Автоматическая сварка под флюсом и электрошлаковая	1,02
Полуавтоматическая сварка под флюсом	1,03
Сварка неплавящимся электродом в инертных газах с присадкой:	
ручная	1,1
автоматическая	1,02
Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в инертных газах и в смеси инертных и активных газов	1,05
Автоматическая и полуавтоматическая сварка в углекислом газе и автоматическая сварка в смесях газов 50 % (Ar + CO <sub>2</sub> )	1,15

Таблица 3.2 – Коэффициент расхода  $\psi_{\phi}$  при сварке под флюсом

Способ сварки	Шов стыковых и угловых соединений		Шов тавровых соединений без скоса и со скосом кромок
	без скоса кромок	со скосом кромок	
Автоматическая	1,3	1,2	1,1
Полуавтоматическая	1,4	1,3	1,2

Массу расходуемого флюса  $G_{\phi}$ , кг, можно определить и от веса наплавленного металла.

При автоматической сварке расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{\phi} = (0,1 \dots 1,2) \cdot M_{\Sigma НМ}. \quad (3.5)$$

При полуавтоматической сварке расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, рассчитывается по формуле

$$G_{\phi} = (1,2 \dots 1,4) \cdot M_{\Sigma НМ}, \quad (3.6)$$

Расход углекислого газа определяется по формуле

$$G_{CO_2} = 1,5 \cdot G_{ПП}, \quad (3.7)$$

где  $G_{CO_2}$  – расход углекислого газа, кг;  
 $G_{ПП}$  – масса расходуемой проволоки, кг.

Если известна масса наплавленного металла  $M_{НМ}$  одного метра шва, то расход электроэнергии  $W$ , кВт·ч, можно вычислить из удельного расхода электроэнергии по формуле

$$W = \alpha_3 \cdot M_{НМ}, \quad (3.8)$$

где  $\alpha_3$  – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг.

Для укрупнённых расчётов величину  $\alpha_3$  можно принимать равной:

- при сварке на переменном токе, кВт·ч/кг 3...4;
- при многопостовой сварке на постоянном токе, кВт·ч/кг 6...8;
- при автоматической сварке на постоянном токе, кВт·ч/кг 5...8;
- под слоем флюса, кВт·ч/кг 3...4.

Все расчетные данные свести в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Сводная таблица расхода материалов

Наименование сборочной единицы	Программа выпуска	Расход материала на узел, кг				Расход электроэнергии на узел, кВт·ч	Расход материалов на программу, кг				Расход электроэнергии на программу, кВт·ч
		Электроды	Проволока	Флюс	Газ		Электроды	Проволока	Флюс	Газ	

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как определяется масса наплавленного металла?
- 2 Как определяется расход электродов?
- 3 Как определяется расход сварочной проволоки?
- 4 Как определяется расход электроэнергии?

### **Содержание отчета**

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Расчеты по определению количества наплавленного металла, сварочной проволоки, электродов, защитных газов, флюсов, электроэнергии.

## 4 Практическое занятие № 4. Изучение расчета технических норм времени на сборку и сварку вагона

**Цель работы:** ознакомление с методикой расчета технических норм времени на сборку и сварку вагона.

### *Основные теоретические положения*

Норма времени на сборку металлоконструкций  $T_{шт.сб}$ , мин, для ручной, автоматической и механизированной сварки в  $CO_2$  и в смесях определяется как сумма затрат времени на установку, крепление и прихватку отдельных деталей, времени на поворот конструкций в процессе сборки, а также времени на съем сварной конструкций с приспособления (стенда, УСП и др.) и ее укладку на место складирования по формуле

$$T_{шт.сб} = [\sum T_y + \sum T_{кр} + \sum T_{пр} + T_{пов} + T_{сн}] \cdot K, \quad (4.1)$$

где  $\sum T_y$  – затраты времени на установку деталей, мин;

$\sum T_{кр}$  – затраты времени на крепление собираемых деталей, мин;

$\sum T_{пр}$  – затраты времени на прихватку собранных деталей, мин;

$T_{пов}$  – затраты времени на поворот собранной металлоконструкций, мин;

$T_{сн}$  – затраты времени на съем металлоконструкции с приспособления (стенда, УСП, и др.) и ее укладку на место складирования, мин;

$K$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, организацию рабочего места, отдых и естественные надобности,  $K = 1,12$  – для крупносерийного производства,  $K = 1,15$  – для серийного производства.

Время на установку деталей (сборочных единиц) при сборке металлоконструкции под сварку определяется по таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Время на установку деталей (сборочных единиц) при сборке металлоконструкций под сварку, мин

Вид сборки	Длина сопрягаемых кромок, м	Вес детали (сборочной единицы), кг					
		2	5	10	20	30	50
По упору	До 0,5	0,35	0,5	0,70	0,90	1,0	3,5
По фиксатору	0,6...1	0,40	0,6	0,80	1,00	1,2	3,8
Без подгонки	1,5...2,5		0,7	1,00	1,30	1,5	4,4
Без выверки	Св. 2,5 на каждый последующий метр		0,1	0,13	0,17	0,2	0,3

**Содержание работы:** расчет технических норм времени на сборку и сварку вагона.

Время на крепление и открепление деталей при сборке металлоконструкций определяется по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Время на крепление и открепление деталей при сборке металлоконструкций

Способ крепления	Шаг резьбы, мм	Длина закручивания, мм		
		5	10	20
		Время на закрепление и открепление, мин		
Винтовым зажимом	3	0,26	0,34	0,45
	6	0,21	0,27	0,35
Пневматическим зажимом			0,13	
Эксцентриковым зажимом			0,03	

Время на прихватку деталей, сборочных единиц сваркой в среде CO<sub>2</sub> определяется по таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Время на прихватку деталей, сборочных единиц сваркой в среде CO<sub>2</sub>

Толщина металла или катет, мм	Длина прихваток, мм	Время на одну прихватку, мин
2	10...20	0,030...0,060
3	10...20	0,035...0,070
4	10...20	0,040...0,080
5...6	10...20	0,045...0,090

Время на поворот при сборке вручную определяется по таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Время на поворот при сборке вручную

Конфигурация детали	Угол поворота	Масса детали, сборочной единицы, кг					
		1	3	5	8	12	20
		Время, мин					
Плоская	90°	0,056	0,063	0,07	0,08	0,09	0,115
Объемная		0,050	0,055	0,06	0,07	0,08	0,105
Плоская	180°	0,075	0,082	0,09	0,10	0,12	0,150
Объемная		0,068	0,073	0,08	0,09	0,11	0,135

*Примечание* – При кантовке сборочной единицы в сборочном приспособлении применять коэффициент 1,1

Время на поворот сборочных единиц краном состоит из следующих составляющих и определяется по таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Время на поворот сборочных единиц краном

Конфигурация детали	Угол поворота	Масса детали, кг		
		50	100	250
		Время, мин		
Плоская	90°	0,96	1,02	1,17
Объемная		0,87	0,93	1,00
Плоская	180°	1,28	1,37	1,47
Объемная		1,15	1,23	1,32

Время на снятие сборочных единиц с приспособления и их укладку на место складирования определяется по таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Время на снятие сборочных единиц с приспособления и их укладку на место складирования

Элемент работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время, мин						
	Вручную				Краном		
Снять сборочную единицу и отнести на место складирования	0,10	0,15	0,20	0,30	2,2	2,6	3,4

Время на установку сборочной единицы на стол сварщика, кантователь и другое определяется по таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Время на установку сборочной единицы на стол сварщика, кантователь

Элемент работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	40	до 50	до 100
	Время, мин						
	Вручную				Краном		
Взять сборочную единицу, отнести, уложить	0,10	0,22	0,30	0,45	1,90	2,40	3,00

Норма времени на сборку и автоматическую и механизированную сварку в углекислом газе в условиях крупносерийного производства определяется по формуле

$$T_{шт.сб.св} = [(T_o + T_{в.ш.}) \cdot L_{ш} + T_{в.ш.}] \cdot K_2, \quad (4.2)$$

где  $T_o$  – основное время сварки на 1 м шва, мин;

$T_{в.ш.}$  – вспомогательное время, связанное со сварным швом на 1 м шва, мин;

$L_{ш}$  – длина сварного шва, м;

$T_{в.и.}$  – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, определяется по таблице 4.9, мин;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, а также время на отдых и естественные надобности,  $K_2 = 1,15$  – для крупносерийного производства.

$$T_o = \frac{60 \cdot F_{ш} \cdot \gamma}{I_{св} \cdot \alpha_n}, \quad (4.3)$$

где  $F_{ш}$  – площадь поперечного сечения сварного шва, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – удельная плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>,  $\gamma = 7,85$  г/см<sup>3</sup> для углеродистой и низколегированной сталей;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/Ач определяется по таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Коэффициенты наплавки

Катет, мм	Сварочный ток, А	Поперечное сечение шва, мм <sup>2</sup>	Коэффициент наплавки, г/Ач
2	110	3,2	11,5
3	140	7,3	12,2
4	240	13	14,5
5	300	20	15,8
6	340	29	17,1

Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием при полуавтоматической сварке в СО<sub>2</sub> определяется по таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием при полуавтоматической сварке в СО<sub>2</sub>

Наименование элементов работы	Норма времени на 1 м шва, мин	Примечание
Очистка и осмотр свариваемых кромок: без разделки	0,30	Зачистка кромок вручную, металлической щеткой
с разделкой и угловых швов	0,50	
Очистка, промер осмотр шва наружных поверхностей стыковых и угловых швов	0,40	
Переход сварщика к началу шва с газоэлектрической горелкой	0,15	Время дано на один переход

Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием и работой оборудования при полуавтоматической сварке в среде СО<sub>2</sub>  $T_{в.и.}$ , мин, включает следующие элементы

$$T_{в.и.} = T_y + T_{кр} + T_{пр} + T_{пов} + T_{псв} + T_{кл} + T_{сн}, \quad (4.4)$$

где  $T_y$  – время на установку деталей, сборочных единиц в приспособление по упорам фиксаторам, мин;

$T_{кр}$  – время на крепление деталей, мин;

$T_{пр}$  – время на прихватку деталей, мин;

$T_{пов}$  – время на поворот сборочной единицы в процессе сварки, мин;

$T_{псв}$  – время на перемещение сварщика в процессе сварки, мин;

$T_{кл}$  – время на постановку клейма, мин,  $T_{кл} = 0,1$  мин;

$T_{сн}$  – время на съем сборочной единицы с приспособления с укладкой ее на место складирования, стол сварщика, кантователь, мин.

Норма времени для автоматической и механизированной сварки в углекислом газе в условиях крупносерийного производства  $T_{шт.св.}$ , мин, определяется по формуле

$$T_{шт.св.} = [(T_o + T_{в.ш.}) \cdot L_{ш} + T_{в.ш.}] \cdot K_2, \quad (4.5)$$

где  $T_o$  – основное время сварки, мин/м шва, определяется по формуле (4.3);

$T_{в.ш.}$  – время перемещения сварщика, определяется в соответствии с таблицей 4.10;

$L_{ш}$  – длина сварного шва, м;

$T_{в.ш.}$  – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием и работой оборудования, мин.;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, а также норму времени на отдых и естественные надобности;  $K_2 = 1,15$  для серийного производства.

$$T_{в.ш.} = T_y + T_{кр} + T_{пов} + T_{псв} + T_{кл} + T_{сн}, \quad (4.6)$$

где  $T_y$  – время на установку деталей, сборочной единицы на стол сварщика, стенд, кантователь и т. д., мин.;

$T_{кр}$  – время на крепление деталей, сборочных единиц на стенде, кантователе, мин;

$T_{пов}$  – время на поворот сборочной единицы при сварке, мин;

$T_{псв}$  – время на перемещение сварщика, мин;

$T_{кл}$  – время на постановку клейма, мин,  $T_{кл} = 0,1$  мин;

$T_{сн}$  – время на съем сборочной единицы со стола сварщика, стенда, кантователя и укладка ее на место складирования, мин.

Таблица 4.10 – Время перемещения сварщика

Характер перемещения	Расстояние перемещения, м				
	2	4	6	8	10
	Время на одно перемещение, мин				
Свободное	0,2	0,31	0,5	0,7	0,9
Затрудненное	0,6	0,90	1,5	2,0	3,0

### ***Контрольные вопросы***

1 Как определить норму времени на сборку металлоконструкций для ручной, автоматической и механизированной сварки?

2 Какие существуют виды затрат времени при сборке металлоконструкций в приспособлениях?

3 Как определить основное время на сварку металлоконструкции?

### ***Содержание отчета***

1 Название работы.

2 Цель работы.

3 Необходимые расчеты.

4 Выводы.

## **5 Практическое занятие № 5. Определение требуемой численности работающих в сборочно-сварочном цехе**

**Цель работы:** ознакомление с методикой расчета численности работающих в сборочно-сварочном цехе.

### ***Основные теоретические положения***

Состав работающих в сборочно-сварочном цехе подразделяется на следующие группы:

– производственные рабочие, т. е. непосредственно выполняющие технологические операции по изготовлению продукции (разметчики металла, резчики металла, станочники, сборщики, сварщики, грунтошники и другие рабочие, производящие окончательную отделку готовой продукции цеха);

– вспомогательные рабочие, выполняющие операции по обслуживанию технологического процесса. К этой группе относят контролеров качества продукции, наладчиков оборудования и рабочих по ремонту оборудования, приспособлений и инструмента, электромонтеров, подносчиков и других транспортных рабочих, рабочих цеховых складов и кладовых, уборщиков производственных помещений, разнорабочих и других подсобных рабочих;

– инженерно-технические работники (ИТР), т. е. выполняющие техническое руководство производственными процессами либо занимающие должности инженера или техника;

– служащие, т. е. счетно-конторский персонал (СКП), выполняющий различные работы в цеховой конторе и в бухгалтерии, в конструкторском и технологическом бюро и т. п.;

– младший обслуживающий персонал (МОП), в состав которого входят рассыльные, вахтеры, гардеробщики, уборщики и т. п.

Поскольку при составлении проекта цеха в большинстве случаев наиболее детально разрабатывается технологическая его часть, то точнее может быть определен качественный и количественный состав производственных рабочих.



Состав остальных групп работающих обычно определяется приближенно.

Определяем численность основных производственных рабочих (сборщиков, сварщиков).

Численность основных рабочих  $P_{op}$  рассчитывается для каждой операции по формуле

$$P_{op} = \frac{T_{год}}{\Phi_{op} \cdot K_в}, \quad (5.1)$$

где  $T_{год}$  – годовая трудоёмкость программы по операциям, нормо-час;

$\Phi_{op}$  – действительный годовой фонд рабочего времени одного рабочего, ч;

$K_в$  – коэффициент выполнения норм выработки,  $K_в = 1, 1, 1, 3$ .

$$T_{год} = T_{шт} \cdot B, \quad (5.2)$$

где  $T_{шт}$  – норма штучного времени изготовления сварной конструкции по операциям техпроцесса, мин;

$B$  – годовая программа, шт.

$$\Phi_{ДР} = \Phi_{Д}/K_с, \quad (5.3)$$

где  $\Phi_{Д}$  – действительный фонд времени работы оборудования;

$K_с$  – число смен.

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам.

Численность вспомогательных рабочих  $P_{вр}$  рассчитывается по формуле:

$$P_{вр} = P_{op} \cdot 0,15. \quad (5.4)$$

Численность служащих  $P_{сл}$  определяется по формуле

$$P_{сл} = (0,1 \dots 0,15) \cdot (P_{op} + P_{вр}), \quad (5.5)$$

в том числе численность руководителей (мастеров)  $P_{рук}$ :

$$P_{рук} = 0,3 \cdot P_{сл}. \quad (5.6)$$

Численность специалистов (технологов)  $P_{спец}$  находят по формуле

$$P_{спец} = 0,5 \cdot P_{сл}. \quad (5.7)$$

Численность технических исполнителей (табельщиков)

$$P_{техн.исп} = 0,2 \cdot P_{сл}. \quad (5.8)$$

## Результаты расчётов занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Численность работающих на участке

Категории работающих	Количество	Разряд
Основные: сборщик сварщик сборщик-сварщик слесарь		
Итого		
Вспомогательные рабочие: наладчик слесарь-ремонтник		
Итого		
Служащие: мастер технолог табельщик контролер		
Итого		

### *Порядок выполнения работы*

- 1 Ознакомиться с общими положениями работы.
- 2 Рассчитать требуемое количество работающих на участке (цехе) по варианту (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Варианты заданий

Номер варианта	Норма штучного времени						Программа
	Балка			Рама			
	Сборочная	Сварочная	Слесарная	Сборочная	Сварочная	Слесарная	
1	3,2	2,36	1,23	6,59	10,6	3,51	10000
2	5,45	5,23	2,31	6,48	19,4	1,45	10000
3	4,1	8,65	3,51	5,94	12,8	0,98	25000
4	7,2	4,56	1,45	2,94	5,12,	1,24	41000
5	10,1	2,65	0,98	6,84	9,64	2,36	15000
6	4,4	4,23	1,24	8,16	8,26	2,48	16500
7	3,0	8,56	2,36	10,25	8,34	3,64	12000
8	14,1	4,23	1,95	6,15	5,16	1,63	30000
9	4,23	8,67	2,48	5,19	9,16	1,94	25000
10	5,61	9,98	3,64	7,48	18,6	1,68	17000
11	2,56	6,48	1,63	5,37	12,8	1,23	24000
12	2,89	9,51	1,94	5,64	10,9	2,31	26000
13	5,2	5,78	1,68	9,67	4,95	2,48	31000
14	4,2	9,46	2,85	11,5	7,61	3,64	14000
15	8,61	5,62	2,76	10,9	4,26	1,63	15000

### ***Контрольные вопросы***

- 1 На какие группы подразделяется состав работающих в сборочно-сварочном цехе?
- 2 Как определяется численность производственных рабочих в сборочно-сварочном цехе?
- 3 От чего зависит численность вспомогательного персонала в сборочно-сварочном цехе?

### ***Содержание отчета***

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Необходимые расчеты согласно варианту.
- 4 Выводы.

## **6 Практическое занятие № 6. Изучение основных технических нормативно-правовых актов и их применение в сварочном производстве**

***Цель работы:*** ознакомление с основными техническими нормативно-правовыми актами и их применением в сварочном производстве.

### ***Основные теоретические положения***

Условные обозначения швов сварных соединений установлены государственными стандартами.

Сварные соединения должны обозначаться по ГОСТ 2.312–72 *Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений* и СТБ ИСО 2553–2004 *Соединения сварные и паяные. Условные изображения и обозначения на чертежах*.

Шов сварного соединения изображают на чертеже: видимый – сплошной основной линией, невидимый – штриховой линией. От изображения шва проводят линию-выноску с односторонней стрелкой, указывающей место расположения шва.

На чертежах поперечных сечений границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва – сплошными тонкими линиями.

Обозначения сварных швов наносят над полкой линии-выноски в случае лицевой стороны шва и под полкой для обратной стороны шва. Эти обозначения имеют следующие элементы.

1 Обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений. В сварочном производстве наиболее распространенными являются следующие стандарты:

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

**ГОСТ 8713–79** *Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы,*

конструктивные элементы и размеры;

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

ГОСТ 11534–75 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острым и тупым углом;

ГОСТ 11533–75 Сварка под флюсом. Соединения сварные под острым и тупым углом;

ГОСТ 23518–79 Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острым и тупым углом;

ГОСТ 14806–80 Дуговая сварка алюминия в инертных газах;

ГОСТ 15164–78 Электрошлаковая сварка. Соединения сварные;

ГОСТ 16037–80 Соединения сварные стальных трубопроводов;

ГОСТ 16098–80 Соединения сварные из двухслойных коррозионно-стойких сталей;

ГОСТ 14098–91 Сварка арматуры и закладных деталей.

2 Буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Типы швов сварных соединений и их условные обозначения

ГОСТ	Вид сварки	Вид соединения	Предел толщины свариваемых деталей, мм	Условное обозначение швов
5264–80	Ручная дуговая	Стыковое Угловое Тавровое Нахлесточное	1...175 1...100 2...120 2...60	С1–С40 У1–У10 Т1–Т9 Н1–Н2
8713–80	Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом	Угловое Стыковое Тавровое Нахлесточное	1,5...40 1,5...160 3...60 1...20	У1–У7 С1–С41 Т1–Т13 Н1–Н2
14771–76	В защитных газах	Угловое Стыковое Тавровое Нахлесточное	1,5...100 0,5...120 0,8...100 0,8...60	У1–У10 С1–С28 Т1–Т9 Н1–Н2
15164–69	Электрошлаковая	Угловое Стыковое Тавровое	0,5...100 16...800 16...500	У1–У10 С1–С3 Т1–Т3

3 Условное обозначение способа сварки.

4 Знаки профиля шва и его катета для швов угловых, тавровых и нахлесточных соединений.

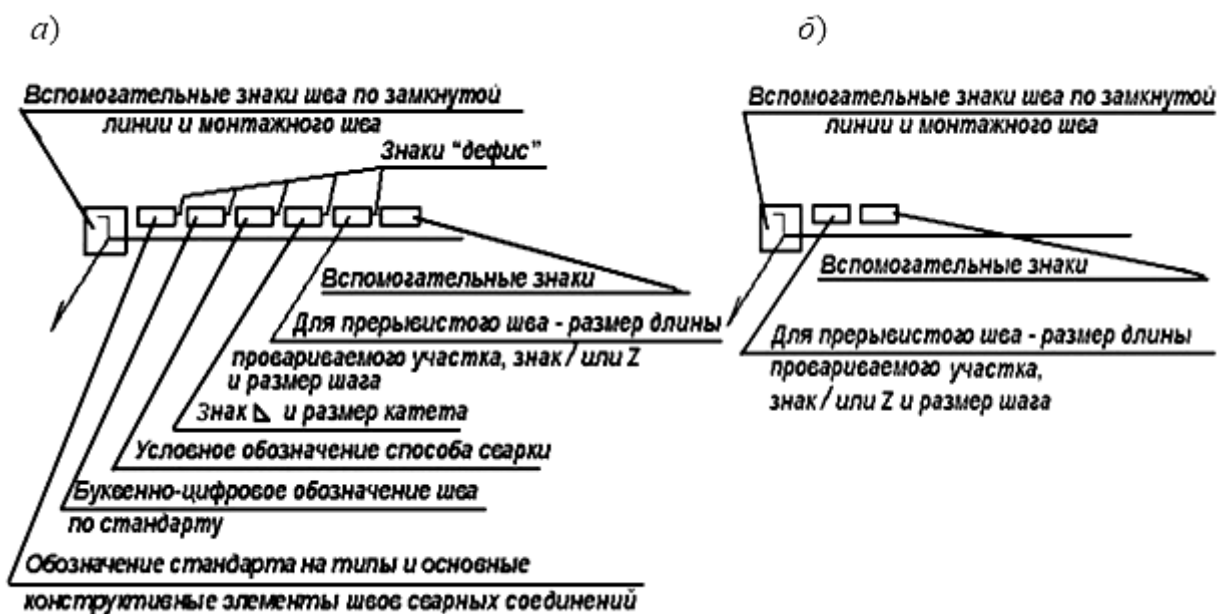
Для автоматической сварки приняты следующие обозначения: автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок и подварочного шва А, автоматическая сварка под флюсом на флюсовой подушке А<sub>ф</sub>, автоматическая сварка под флюсом на стальной подкладке А<sub>с</sub>, автоматическая сварка под флюсом на флюсомедной подкладке А<sub>м</sub>, автоматическая сварка под флюсом с предварительным наложением подварочного шва А<sub>пш</sub>, автоматическая

сварка под флюсом с предварительной подваркой корня шва  $A_{пк}$ , автоматическая сварка под флюсом на остающейся подкладке  $A_{фо}$ . Те же индексы используются при указании технологических особенностей механизированной сварки.

Буквенные обозначения дуговой сварки и ручной дуговой сварки на чертежах не проставляют. Буквенные обозначения других способов сварки проставляют на чертежах только в случае применения нескольких способов. При использовании одного способа сварки его указывают в технических требованиях на чертеже.

Стыковое соединение обозначается С, угловое – У, тавровое – Т, нахлесточное – Н, если форма шва не предусмотрена ГОСТом – О (особый). Цифры возле букв, например С25, Т4, указывают порядковый номер данного шва в ГОСТе (вид соединения и шва, а также форму разделки кромок и размеры соединения в сборе).

Структура обозначения сварного шва показана на рисунке 6.1.



а – стандартный шов, б – нестандартный шов

Рисунок 6.1 – Структура обозначения сварного шва

Для контактной сварки по ГОСТ 15878–79 применяют следующие обозначения с индексами, отмечающими ее отдельные разновидности:  $K_p$  – шовная,  $K_c$  – стыковая,  $K_{cc}$  – стыковая сопротивлением,  $K_{co}$  – оплавлением,  $K_t$  – точечная.

В условных обозначениях швов допускаются следующие упрощения:

1) при наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают только в технических требованиях чертежа;

2) при наличии на чертеже одинаковых швов обозначение на линии-выноске наносят у одного из них, а для остальных швов, имеющих одинаковый номер, на

пачке линии-выноски указывают только номер шва. Если же на чертеже все швы одинаковы, то допускается их изображать линиями-выносками без полок;

3) допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов и размеры их конструктивных элементов.

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов показаны на рисунке 6.2.



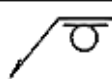

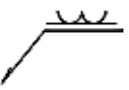
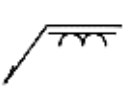

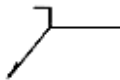

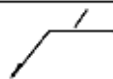
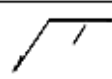

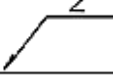
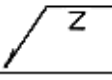

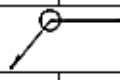


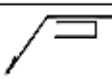
Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Выпуклость шва снять		
	Наплывы и неровности обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т.е. при установке его на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии		
	Шов по незамкнутой линии		
<b>Примечание:</b> За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.			

Рисунок 6.2 – Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Для ГОСТ 14771–76 и ГОСТ 23518–79 необходимы пояснения, касающиеся рода защитного газа, вида электрода, а также степени механизации процесса (*A* – автоматическая сварка, *П* – механизированная сварка):

*УП* – сварка в углекислом газе и его смеси с кислородом плавящимся электродом;

*ИП* – сварка в инертных газах и их смесях с  $\text{CO}_2$  плавящимся электродом;

*ИН* – сварка в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного металла;

*ИНП* – сварка в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом.

Для сварки под флюсом (ГОСТ 8713–79) даются пояснения, каким способом обеспечивается удержание сварочной ванны:

$A\Phi$  – автоматическая на весу;

$A\Phi_{\phi}$  – автоматическая на флюсовой подушке;

$A\Phi_o$  – автоматическая на остающейся подкладке;

$M\Phi$  – механизированная на весу;

$M\Phi_o$  – механизированная на остающейся подкладке и т. д.

Для ГОСТ 16037–80 приняты следующие обозначения способа сварки:

$ЗП$  – дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом;

$ЗН$  – дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом;

$P$  – ручная дуговая сварка;

$\Phi$  – дуговая сварка под флюсом;

$G$  – газовая сварка.

Примеры условных обозначений сварных швов на чертежах показаны на рисунке 6.3.


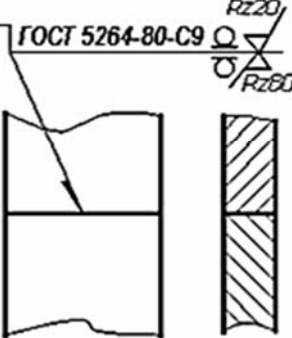
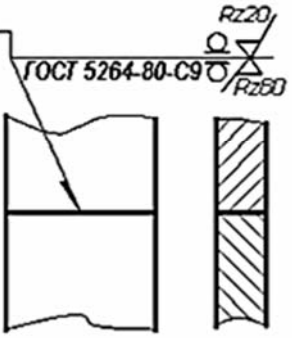

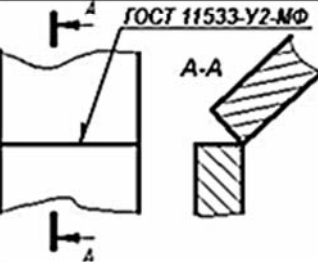
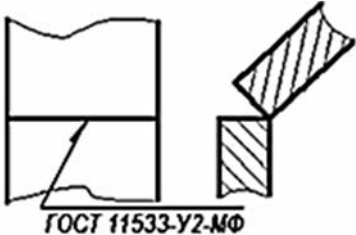
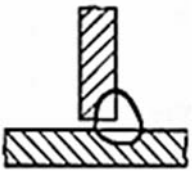
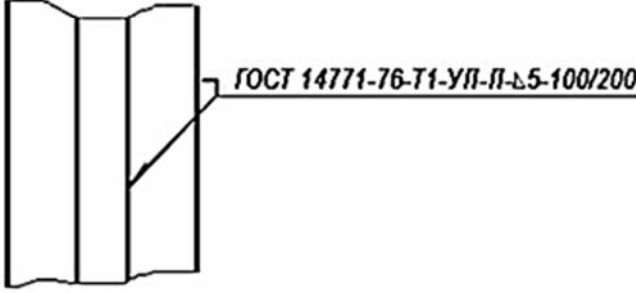
Характеристика шва	Эскиз шва	Условное обозначение шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний. Выполняется ручной дуговой сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сторон. Параметр шероховатости шва: - с лицевой стороны $Rz = 20$ мкм, - с оборотной $Rz = 80$ мкм			
Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый механизированной сваркой под флюсом			
Тавровое соединение, сваренное на монтаже односторонним прерывистым швом катетом 5 мм, длина провариваемого участка шва 100 мм, шаг 200 мм механизированной сваркой в $CO_2$			

Рисунок 6.3 – Примеры условных обозначений сварных швов на чертежах

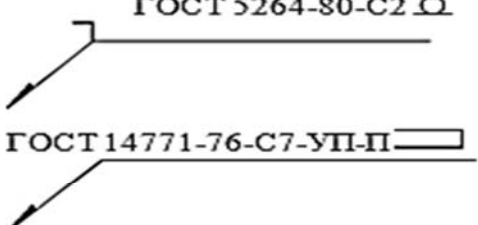
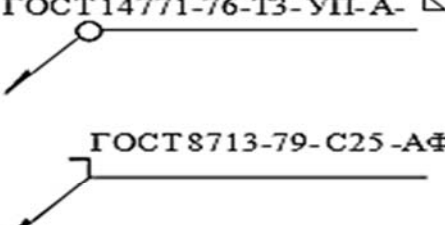
## Задание

Выполните задание по вариантам, указанным на рисунке 6.4.

**Вариант 1**

1. Изобразите эскиз сварного соединения с обозначением всех конструктивных элементов шва. Приведите расшифровку обозначения сварного шва.

ГОСТ 5264-80-С2 Ω      ГОСТ 14771-76-Т3-УП-А- Δ3 – 100Z200

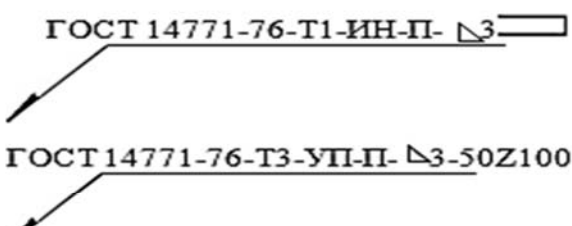
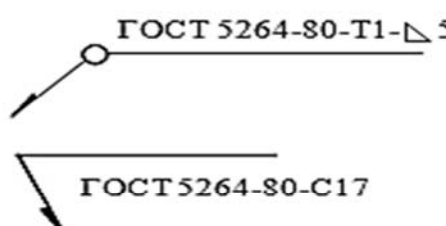



ГОСТ 14771-76-С7-УП-П      ГОСТ 8713-79-С25-АФ

2. Найдите ошибки в обозначении сварных швов:  
 ГОСТ 5264-80-С6- Δ 5  
 ГОСТ 14771-76-Т1-УП-П- Δ 5- 50Z100  
 ГОСТ 8713-79-С4-ПФф  
 ГОСТ 11534-75-Т1-Δ 8  
 ГОСТ 14771-76-Н1-УН-П- Δ 5

**Вариант 2**

1. Изобразите эскиз сварного соединения с обозначением всех конструктивных элементов шва. Приведите расшифровку обозначения сварного шва.

ГОСТ 14771-76-Т1-ИН-П- Δ3      ГОСТ 5264-80-Т1-Δ 5

ГОСТ 14771-76-Т3-УП-П- Δ3-50Z100      ГОСТ 5264-80-С17

2. Найдите ошибки в обозначении сварных швов:  
 ГОСТ 23518-79-Т1-ИП-П-50Z100  
 ГОСТ 16037-80-С17Δ 3  
 ГОСТ 14771-76-Н2-УН-А-Δ 5  
 ГОСТ 11534-75-С2-МФф  
 ГОСТ 11534-75-Т1-Δ 8

Рисунок 6.4 – Варианты индивидуальных заданий

## Список литературы

- 1 Николаев, Г. А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование / Г. А. Николаев, В. А. Винокуров. – Москва: Машиностроение, 1990. – 448 с.
- 2 Куркин, С. А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: атлас / С. А. Куркин, В. М. Ховов, А. М. Рыбачук. – Москва: Машиностроение, 1989. – 328 с.
- 3 Белоконь, В. М. Производство сварных конструкций: учебное пособие / В. М. Белоконь. – Могилев: ММИ, 1998. – 139 с.
- 4 Красовский, А. И. Основы проектирования сварочных цехов / А. И. Красовский. – Москва: Машиностроение, 1965. – 392 с.
- 5 Куликов, В. П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / В. П. Куликов. – Минск: Новое знание, 2017. – 412 с.