

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ПРОИЗВОДСТВО СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

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



Могилев 2016

Практическое занятие № 1(4 часа)

1. Наименование занятия:

Расчет типовых элементов сварных соединений по предельному состоянию и допускаемым напряжениям

1.1 Цель занятия:

Изучить методы расчета типовых сварных соединений на примере устройства для закрепления натяжного каната и пластины крепления.

1.2 Теоретические сведения.

Методы расчета сварных соединений на прочность подразделяются на две основные группы: Расчеты по предельному состоянию и расчеты по допускаемым напряжениям

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 основу расчета по первому предельному состоянию положены так называемые *нормативные сопротивления* $R^{ном}$. В качестве нормативного сопротивления принят минимальный предел текучести стали σ_T (или предел прочности σ_B). С учетом неоднородности свойств стали нормативные сопротивления заменяются *расчетными сопротивлениями* R . Расчетное сопротивление устанавливают равным пределу текучести σ_T , деленному на коэффициент надежности по материалу.

При расчете по первому предельному состоянию находят величины допускаемых усилий в элементах. Допускаемые усилия определяют с учетом коэффициента возможной *перегрузки конструкции* и *коэффициента условий работы*, учитывающего специфический характер работы конкретных объектов рассматриваемой области техники. 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:

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

где A_w — площадь сечения элемента.

Аналогичным путем находят допускаемый момент при изгибе:

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

где W — момент сопротивления расчетного сечения

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 $[\sigma]_p$.

Расчетное задание 1. Устройство для закрепления натяжного каната, состоит из трубы 1 и приваренной к ней проушины 2 (рисунок 1). Труба сварена с опорной плитой 3 угловым швом №1 по замкнутому контуру ручной дуговой сваркой.

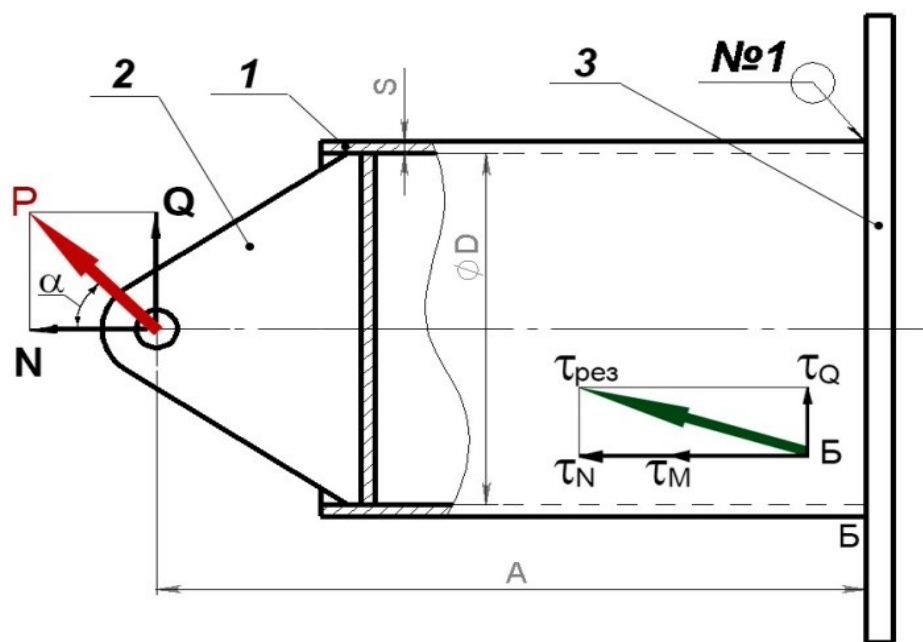


Рисунок 1 - Расчетная схема устройства для закрепления натяжного каната

Исходные данные:

- внутренний диаметр трубы D , мм;
- толщина стенки трубы S , мм;
- расстояние A , мм;
- угол α , градусы;
- катет шва K , мм;
- расчетное сопротивление $R_{ср}^{шва}$, МПа.

Требуется определить несущую способность сварного шва №1 (силу P). Расчет выполнить по предельному состоянию, приняв коэффициент перегрузки $n = 1,2$, а коэффициент условий работы $m = 0.8$.

Пример решения.

Искомую силу P необходимо найти из условия прочности сварного соединения:

$$\sqrt{(\tau_N + \tau_M)^2 + \tau_Q^2} \leq m R_{ср}^{шва}. \quad (1.3)$$

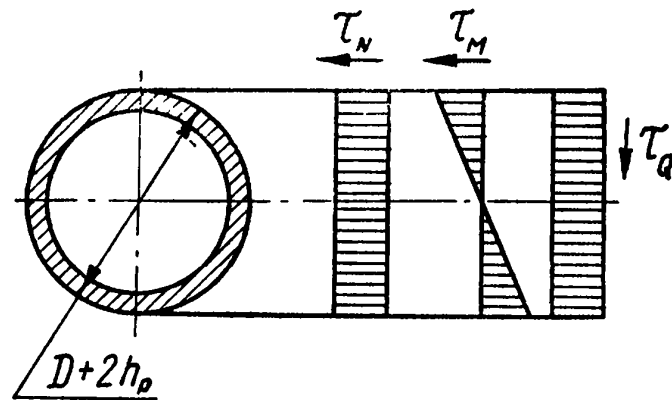
Для этого требуется найти все компоненты напряжений в формуле 1.3.

Т.к. сила P направлена под углом α к горизонтальной оси, то необходимо найти две ее составляющие: нормальную N и касательную Q .

$$N = P \cdot \cos \alpha; \quad (1.4)$$

$$Q = P \cdot \sin \alpha. \quad (1.5)$$

Под действием силы N в сварном шве возникают касательные напряжения τ_N , направление которых в точке Б показано на векторной диаграмме:



$$\tau_N = \frac{n \cdot N}{F_{шва}} = \frac{n \cdot P \cdot \cos \alpha}{\beta K L_{шва}}, \quad (1.6)$$

где β – коэффициент расчетной толщины углового шва, характеризующий глубину проплавления шва h_p (рисунок 2), для ручной дуговой сварки $\beta = 0.7$;

$L_{шва}$ – длина шва, для шва по замкнутому контуру $L_{шва} = \pi(D+2S)$;

K – катет шва, мм.

Касательная сила Q вызывает в шве напряжения среза τ_Q , направленные перпендикулярно оси трубы, и напряжения среза τ_M от момента пары сил $M=Q \cdot A$, направленные так же, как и τ_Q .

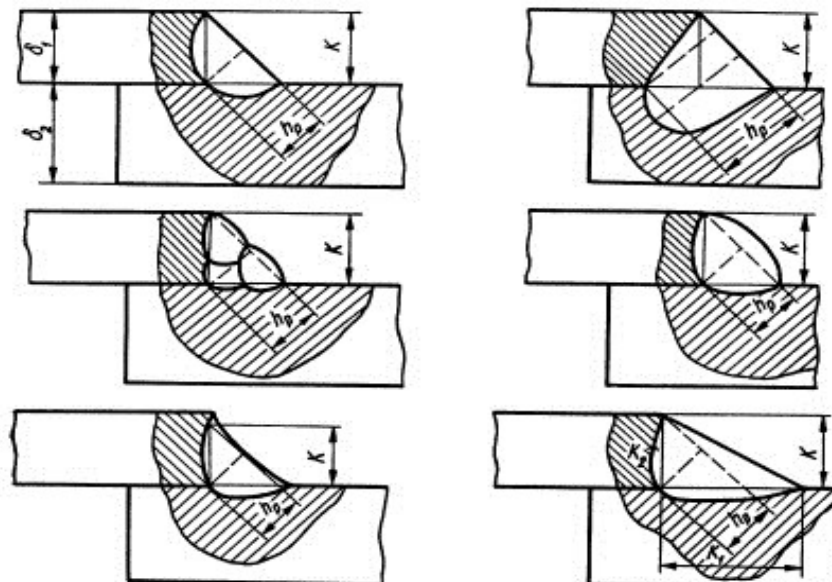


Рисунок 2 – Формы угловых швов с различной глубиной проплавления h_p

Условно считают, что перерезывающую силу Q воспринимают швы, направленные вдоль линии действия этой силы. Поэтому силу Q воспринимают швы с длиной, равной сумме проекций криволинейных наклонных участков на направление силы Q . В нашем расчетном случае для кольцевого шва:

$$\tau_Q = \frac{n \cdot Q}{\beta K \cdot 2(B + 2S)}; \quad (1.7)$$

$$\tau_M = \frac{Q \cdot A}{W_{шва}}; \quad (1.8)$$

где $W_{шва}$ – момент сопротивления углового шва, для кольцевого шва

$$W_{шва} = W_x = W_y = \beta K \frac{\pi}{4} (D + 2S + \beta K)^2. \quad (1.9)$$

После нахождения всех компонент напряжений в сварном шве, они поставляются в выражение 1.3, из которого и находят неизвестную силу P .

Расчетное задание 2. На пластину 1, приваренную к пластине 2 механизированной сваркой с среде углекислого газа (рисунок 2), действует сила P , составляющая с горизонтальной осью угол α .

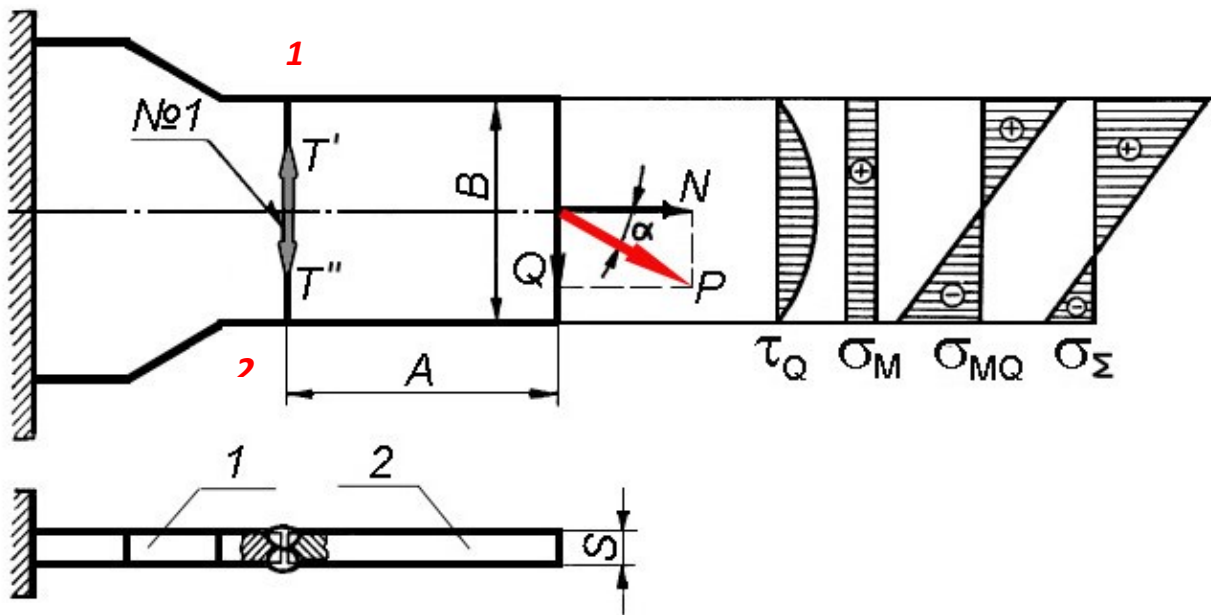


Рисунок 2 – Расчетная схема

Исходные данные:

- расстояния A и B , мм;
- толщина свариваемых деталей S , мм;
- угол α , градусы;
- сила P , кН;
- допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma]$ свариваемого металла, МПа.

Требуется провести проверочный расчет стыкового шва №1. Расчет вести по допускаемым напряжениям. Принять, что начало и конец шва выведены на технологические планки.

Пример решения. Т.к. искомая сила P направлена под углом α к горизонтальной оси, то необходимо найти две ее составляющие: нормальную N и касательную Q .

$$N = P \cdot \cos \alpha; \quad (1.10)$$

$$Q = P \cdot \sin \alpha. \quad (1.11)$$

Под действием силы N в сварном шве возникают нормальные растягивающие напряжения σ_N , равномерно распределенные по длине шва:

$$\sigma_N = \frac{N}{F_{шва}} = \frac{P \cdot \cos \alpha}{S \cdot L_{шва}}, \quad (1.12)$$

где $F_{шва}$ – площадь расчетного сечения шва (рисунок 3), m^2 ;
 $L_{шва}$ – расчетная длина сварного шва, m ;
 S – толщина металла, m .

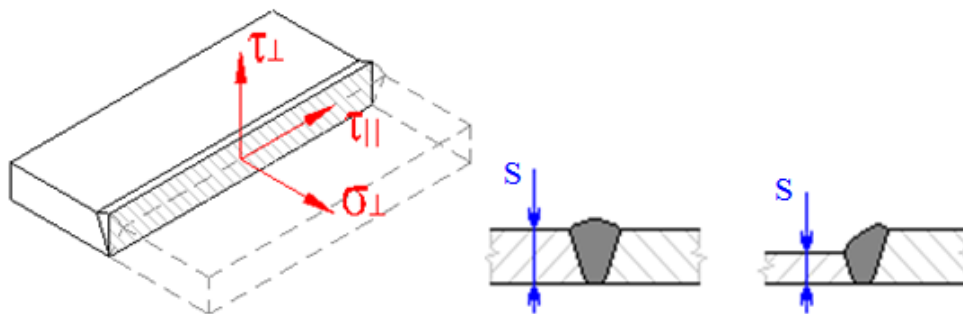


Рисунок 3 – Расчетная площадь сечения стыкового шва

Чтобы оценить действие на шов касательной силы Q приложим на оси шва две уравнивающие силы T_2 и T_3 , равные по абсолютной величине Q (см. рисунок 2).

Образовавшаяся пара сил Q и T_1 даст момент $M=Q \cdot A$, под действием которого в шве возникнут нормальные напряжения, распределенные по длине шва, как показано на эпюре σ_{MQ} . В крайних точках сварного шва 1 и 2 (рисунок 2) напряжения от момента определяются по формуле:

$$\sigma_{MQ} = \frac{Q \cdot A}{W_{шва}} = \frac{6Q \cdot A}{S \cdot L_{шва}^2}; \quad (1.13)$$

где $W_{шва}$ – момент сопротивления стыкового шва, mm^3 .

При этом в точке 1 нормальные напряжения будут растягивающими, а в точке 2 – сжимающими. Суммарная величина напряжений в точках 1 и 2 от действия силы N и момента M определяется путем алгебраического сложения напряжений:

$$\sigma_1 = \sigma_N + \sigma_{MQ}; \quad (1.14)$$

$$\sigma_2 = \sigma_N - \sigma_{MQ}. \quad (1.15)$$

Суммарная эпюра нормальных напряжений в шве σ_Σ изображена на рисунке 2. Анализу будет подлежать более нагруженная точка сварного соединения, т.е. точка 1.

Оставшаяся сила T вызовет в шве напряжения среза, максимальная величина которых может быть определена по формуле Журавского:

$$\tau_Q = \frac{Q \cdot S_{шва}}{I_{шва} \cdot S} = \frac{Q}{S} \cdot \frac{12}{S \cdot L_{шва}^3} \cdot \frac{S \cdot L_{шва}^2}{8} = \frac{3Q}{2SL_{шва}}, \quad (1.16)$$

где $I_{шва}$ – момент инерции сечения относительно нейтральной оси, mm^4 ;
 $S_{шва}$ – статический момент сдвигающейся части сечения относительно нейтральной оси, mm^3 .

Если величина максимальных касательных напряжений значительно меньше допускаемых, а их расположение не совпадает с расположением максимальных значений нормальных напряжений, то в дальнейшем в расчете касательные напряжения τ_Q можно не учитывать.

Условие прочности сварного шва выполнено, если максимальное значение напряжений в шве меньше допускаемых напряжений:

$$\sigma_{шва}^{max} = \sigma_1 < [\sigma']_p \quad (1.17)$$

Допускаемые напряжения для сварного шва будут равны:

$$[\sigma']_p = 0,9[\sigma]; \quad (1.18)$$

$$[\tau'] = 0,6[\sigma]. \quad (1.19)$$

3. Содержание занятия

Произвести расчеты согласно данным представленным в Таблице 1. Вариант расчета определяет преподаватель.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

№ Варианта	Способ сварки, положение сварки	Материал конструкции	Минимальный предел прочности стали σ_B^{min} , МПа	Сварочные материалы	Сила Р, кН	Толщина S, мм	Длина изделия А, мм	Коэффициент условий работы γ_c
1	РДС, нижнее	09Г2С	450	Э50А Ø 3	40	3	30	1
2	механизир. в CO ₂ , нижнее	09Г2С	450	Св-08Г2С Ø 1,2	50	4	30	
3	автомат. под флюсом, в лодочку	ВСт3сп	370	Св-08А Ø 1,6	85	5	40	
4	РДС, в лодочку	Сталь 20	390	Э42 Ø 4	80	6	40	

4. Содержание отчета.

- название занятия;
- цель занятия;
- необходимые расчеты.

5. Рекомендуемая литература

5.1 Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. - М.: Высш.шк., 1990. - 446 с.

5.2 Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас./Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. - М: Машиностроение, 1989. - 328 с.

5.3 Белоконь В.М. Производство сварных конструкций. Учебное пособие. Могилев: ММИ, 1998. - 139 с.

Практическое занятие № 2 (2 часа)

1. Наименование занятия:

Расчет величины обратного выгиба балки и усилия прижатия к приспособлению

1.1 Цель занятия:

Изучить метод расчета прогиба балки перед сваркой для получения готового изделия с деформацией изгиба в пределах допуска. Определение усилий прижатия балки к приспособлению.

1.2 Содержание занятия:

Данное занятие является продолжение лабораторной работы №4 «Деформации при сварке тавровых и двутавровых балок, их расчет и экспериментальное определение», в которой определяют и рассчитывают прогибы балки при наложении различного количества сварных швов.

При расчете необходимого обратного выгиба или усилия прижатия балки принимают нагрузку q на кромку балки как равномерно распределенную согласно рис. 1.

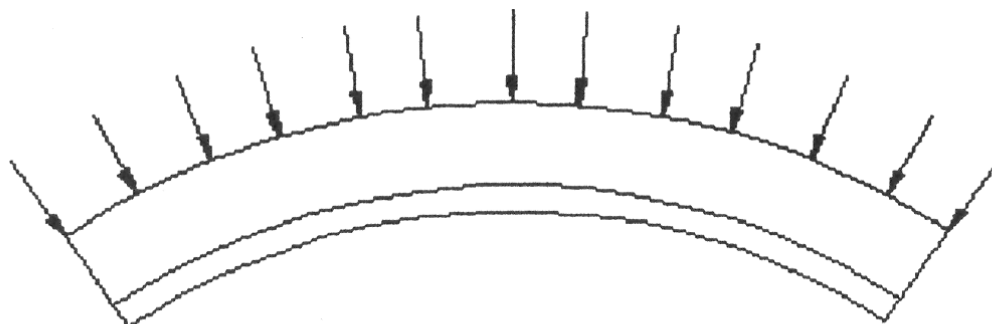


Рис. 1

При этом прогиб балки под действием такой нагрузки

$$f_1 = \frac{q * L^4}{E * J} * \frac{5}{384};$$

где L – длина балки, мм

E – модуль упругости материала балки, МПа

J – момент инерции сечения балки, мм⁴

Прогиб балки от усадочной силы, как указано в лабораторной работе № 4

$$f_2 = \frac{P_{yc} * e_0 * L^2}{8 * E * J}$$

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

$$f_1 = f_2$$

Тогда

$$q = 9,6 * \frac{P_{yc} * e}{L^2}$$

Полная нагрузка на балку

$$Q = q * L = \frac{9,6 * P_{yc} * e}{L}$$

Для случая создания обратного выгиба необходимое усилие (для схемы рис. 2)

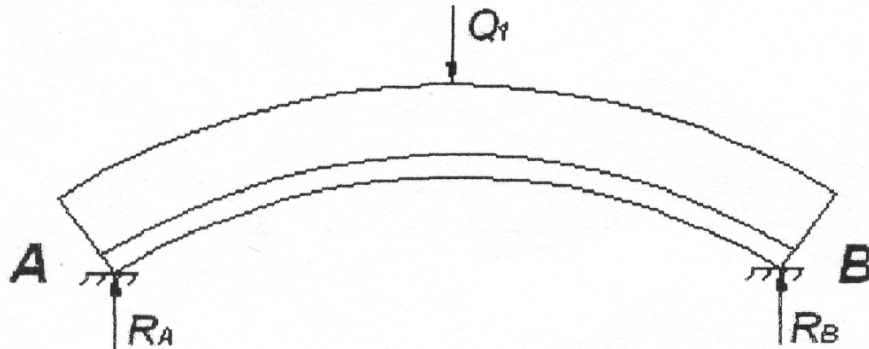


Рис.2

$$Q_1 = \frac{48 * f * E * J}{L}$$

Если в месте приложения силы Q_1 (по схеме рис. 2) в пределах балки установить упор, то по концам балки для создания требуемого выгиба балки следует приложить усилие:

$$R_A = R_B = \frac{Q_1}{2}$$

Для схемы рис. 3.

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

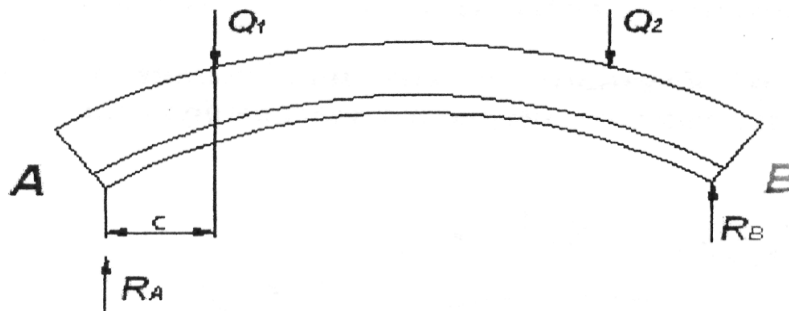


Рис.3

Аналогично если в месте приложения Q_2 и Q_3 установить упор, то можно определить необходимые значения R_A и R_B .

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

1.3 Провести расчеты согласно пункта 1.2. для случая схем рисунков 1, 2, 3 (значения величин L , e , P_{yc} принять по данным лабораторной работы № 3, а величину "с" принять равной 100 мм).

1.4 Проведенные расчеты занести в отчет по форме Таблицы 1.

Таблица 1 – результаты расчетов

№ п/п	Длина, <i>L. мм</i>	Прогиб, <i>f. мм</i>	Q_1 , кН	Q_2 , Q_3 , кН	R_A , кН	R_B , кН

2. Содержание отчета.

- название занятия;
- цель занятия;
- необходимые расчеты.

3. Контрольные вопросы.

3.1 Какими способами можно обеспечить создание обратного выгиба балки?

3.2 С какой целью определяют усилие прижатия к приспособлению?

3.3 Какие меры можно применять для уменьшения деформации при изготовлении балок?

4 Рекомендуемая литература

4.1 Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. - М.: Высш.шк., 1990. - 446 с.

4.2 Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас./Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. - М: Машиностроение, 1989. - 328 с.

4.3 Белоконов В.М. Производство сварных конструкций. Учебное пособие. Могилев: ММИ, 1998. - 139 с.

Практическое занятие №4 (4 часа)

1. Наименование занятия: «Изучение расчета технических норм времени на сборку и сварку вагона».

1.1. Цель занятия.

Ознакомление с методикой расчета технических норм времени на сборку и сварку вагона.

2. 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 съём сварной конструкции с приспособления (стенда, УСП и др.) и ее укладку на место складирования, определяется по формуле:

$$T_{шт.сб} = [\sum T_y + \sum T_{кр} + \sum T_{пр} + T_{пов} + T_{сн}] * K, \quad (1)$$

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 съём 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 1.

Виды работ:

- подать деталь (сборочную единицу) к месту сварки, проверить;
- установить деталь (сборочную единицу) по упору фиксатору, выдержать зазоры кромок согласно чертежу и техническим условиям.

Таблица 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
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
и выверки	свыше 2,5 на каждый последующий метр		0,1	0,13	0,17	0,2	0,3

Время на крепление и открепление деталей при сборке металлоконструкций по таблице 2.

Виды работ:

- накинуть зажимы;
- зажать детали;

- отжать, откинуть зажим.

Таблица 2 - Время на крепление и открепление деталей при сборке металлоконструкций

Способ крепления	Шаг резьбы, мм	Длина заворачивания, 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 CO₂ по таблице 3.

Таблица 3 - Время на прихватку деталей, сборочных единиц сваркой в среде CO₂

Толщина металла или катет, мм	Длина прихваток, мм	Время на одну прихватку, мин
2	10; 20	0,030; 0,06
3	10; 20	0,035; 0,07
4	10; 20	0,040; 0,08
5	10; 20	0,045; 0,09
6	10; 20	0,045; 0,09

Время на поворот при сборке вручную по таблице 4.

Виды работ:

- взять деталь, сборочную единицу;
- повернуть в горизонтальной или вертикальной плоскости.

Таблица 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 по таблице 5.

Виды работ:

- закрепить сборочную единицу;
- повернуть в горизонтальной или вертикальной плоскости;
- отстропить сборочную единицу.

Таблица 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 укладка на место складирования по таблице 6.

Виды работ:

- снять сборочную единицу с приспособления, стола сварщика;
- отнести и уложить на место складирования на расстояние до 5 м.

Таблица 6 - Время на снятие сборочных единиц с приспособления и их укладка на место складирования

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время в 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 др. по таблице 7.

Виды работ:

- взять сборочную единицу с места складирования;
- отнести на расстояние до 5 м;
- уложить на стол сварщика стенд, кантователь.

Таблица 7 - Время на установку сборочной единицы на стол сварщика, кантователь

	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	40	до 50	до 100
	Время, мин						
	вручную						
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 Т шт.сб.св, мин

$$T_{\text{шт.сб.св.}} = [(T_o + T_{\text{в.ш.}}) * L_{\text{ш}} + T_{\text{в.и.}}] * K_2, \quad (2)$$

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

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

Лш - длина сварного шва, м;

Тв.и. – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин;

К₂ - коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, а также время на отдых и естественные надобности,

К₂ = 1,15 - для крупносерийного производства.

$$T_o = \frac{60 * F_{ш} * \gamma}{I_{св} * \alpha_n}, \quad (3)$$

где F_ш – площадь поперечного сечения сварного шва, мм²;

γ - удельная плотность наплавленного металла, г/см³, (γ = 7,85 г/см³ для углеродистой и низколегированной сталей);

I_{св} – сварочный ток, А;

α_н – коэффициент наплавки, г/А*ч,

Таблица 8- Коэффициент наплавки

Катет, мм	Сварочный ток, А	Поперечное сечение шва, мм ²	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

Таблица 9 - Вспомогательное время, связанное со сварным швом при полуавтоматической сварке в СО₂

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

Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием и работой оборудования при полуавтоматической сварке в среде СО₂ Т_{ви}, мин, включает следующие элементы

$$T_{ви} = T_y + T_{кр} + T_{пр} + T_{пов} + T_{псв} + T_{кл} + T_{сн}, \quad (4)$$

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;

Тсн - время на съем сборочной единицы с приспособления с укладкой ее на место складирования, стол сварщика, кантователь, мин.

Таблица 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

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

$$T_{\text{шт.св.}} = [(T_o + T_{\text{в.ш.}}) * L_{\text{ш}} + T_{\text{в.и.}}] * K_2, \quad (5)$$

где T_o – основное время сварки, мин на 1 м шва определяется по формуле 3;

$T_{\text{в.ш.}}$ – в соответствии с таблицей 15;

$L_{\text{ш}}$ – длина сварного шва, м;

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

$$T_{\text{в.и.}} = T_y + T_{\text{кр}} + T_{\text{пов}} + T_{\text{псв}} + T_{\text{кл}} + T_{\text{сн}}, \quad (6)$$

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

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

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

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

$T_{\text{кл}}$ - время на постановку клейма, мин,

$$T_{\text{кл}} = 0,1 \text{ мин};$$

$T_{\text{сн}}$ - время на съем сборочной единицы со стола сварщика, стенда, кантователя и укладка ее на место складирования, мин;

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

3. Содержание отчета.

- название занятия;
- цель занятия;
- необходимые расчеты.

4. Рекомендуемая литература.

4.1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. - М.: Высш.шк., 1990. - 446 с.

4.2 Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас./Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. - М: Машиностроение, 1989. - 328 с.

4.3 Белоконь В.М. Производство сварных конструкций. Учебное пособие. Могилев: МММ, 1998. - 139 с.

Практическое занятие №3 (2 часа)

Тема: «*Определение необходимого количества сварочных и вспомогательных материалов согласно технологическому процессу сварки заданной сварной конструкции*»

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 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 $M_{\Sigma HM}$, кг определяется по формуле:

$$M_{\Sigma HM} = \Sigma F_H \cdot \Sigma L_{ш} \cdot \gamma, \quad (1)$$

где ΣF_H - сумма площадей наплавленного металла всех швов, см^2 ;

γ - плотность металла, г/см^3 ;

$\Sigma L_{ш}$ - 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, в виде электродного покрытия.

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

$$G_{эл} = \psi \cdot M_{\Sigma HM}, \quad (2)$$

где ψ - коэффициент расхода, учитывающий потери электродов на огарки, угар и разбрызгивание металла;

$M_{\Sigma HM}$ - масса наплавленного металла.

Значения ψ для различных типов и марок электродов указаны таблице 1.

Расход проволоки при автоматической сварке под флюсом или в CO_2 , $m_{\text{пр}}$, кг, определяется по формуле:

$$G_{\text{пр}} = M_{\Sigma\text{НМ}} \cdot (1 + \psi), \quad (3)$$

где ψ - коэффициент потерь проволоки.

Таблица 1 - Коэффициент расхода ψ при различных способах сварки

Способы сварки	ψ
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% ($\text{Ar} + \text{CO}_2$)	1,15

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 $G_{\text{ф}}$, кг определяется по формуле:

$$G_{\text{ф}} = \psi_{\text{ф}} \cdot G_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где $G_{\text{ф}}$ - масса израсходованного флюса, кг;

$\psi_{\text{ф}}$ - коэффициент, выражающий отношение массы израсходованного флюса к массе сварочной проволоки и зависящий от типа сварного соединения и способа сварки (таблица 2);

$G_{\text{пр}}$ - масса расходуемой проволоки, кг.

Таблица 2 - Коэффициент расхода $\psi_{\text{ф}}$ при сварке под флюсом

Способ сварки	Швы стыковых и угловых соединений		Швы 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 $m_{\text{пр}}$, кг, можно определить и от веса наплавленного металла.

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

$$G_{\text{ф}} = (0,1 \dots 1,2) \cdot M_{\Sigma\text{НМ}}, \quad (5)$$

При полуавтоматической сварке расход флюса на изделие G_{ϕ} , кг, определяется по формуле:

$$G_{\phi} = (1,2 \dots 1,4) \cdot M_{\Sigma \text{НМ}}, \quad (6)$$

Расход углекислого газа определяется по формуле:

$$G_{\text{CO}_2} = 1,5 \cdot G_{\text{пр}}, \quad (7)$$

где G_{CO_2} - расход углекислого газа, кг;
 $G_{\text{пр}}$ - масса расходуемой проволоки, кг.

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

$$W = \alpha_3 \cdot M_{\text{НМ}}, \quad (8)$$

где α_3 - удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг.

Для укрупнённых расчётов величину α_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

Таблица 3 - Сводная таблица расхода материалов

Наименование сборочной единицы	Программа	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. Материальное обеспечение.
4. Расчеты по определению количества наплавленного металла, сварочной проволоки, электродов, защитных газов, флюсов, электроэнергии и вспомогательных материалов на основе разработанного технологического процесса сборки-сварки данной сварной конструкции
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Вывод.

Список литературы:

1. Белоконов, В.М. Производство сварных конструкций. – Могилев, ММИ-1998. – 139с.

Практическое занятие №5 (2 часа)

Тема: «*Определение требуемой численности работающих в сборочно-сварочном цехе согласно технологическому процессу сварки заданной сварной конструкции*»

Цель занятия: приобретение практических навыков в расчетах численности работающих в сборочно-сварочном цехе на основе разработанного технологического процесса сборки и сварки данной сварной конструкции.

1. Методическое обеспечение:

- Методические указания при проведении практической работы
- Технологический процесс сварной конструкции

2. Последовательность выполнения практической работы:

Расчет численности работающих в сборочно-сварочном цехе целесообразно выполнять после расчета норм времени на сборочно-сварочные операции и соответствующего им количества оборудования, по полученным расчетным данным на практическом занятии №4.

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

$$C_{oi} = \frac{T_{Gi}}{\Phi_D^P \cdot K_B}, \quad (1)$$

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

При этом

$$T_{Gi} = \frac{t_{um.i} \cdot A}{60}, \quad (2)$$

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

Годовой фонд времени работы рабочего определяется по формуле

$$\Phi_D^P = (8 \cdot D_{\Pi} + 7 \cdot D_C) \cdot K_{HEB}, \quad (3)$$

где D_{Π} , 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 1. Принято численность основных рабочих определять с учетом совмещения профессий. При этом суммарное расчетное число и суммарное принятое число рабочих должны быть равны.

Таблица 1 — 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 2).

Таблица 2 — 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.

3. Содержание отчета.

- название занятия;
- цель занятия;
- необходимые расчеты.

4. Рекомендуемая литература.

4.1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. - М.: Высш.шк., 1990. - 446 с.

4.2 Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас./Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. - М: Машиностроение, 1989. - 328 с.

4.3 Белоконь В.М. Производство сварных конструкций. Учебное пособие. Могилев: МММ, 1998. - 139 с.