

Практическое занятие №3

Тема: «Расчет сварных соединений»

Цель практики: освоить методики расчетов неразъемных соединений – сварных. Рассмотреть различные конструкции и определиться с общим подходом к решению задач и особенно в случаях сваривания деталей из различных материалов.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1.

Рассчитать на равнопрочность швы сварного соединения косынки с растяжками (рис.1) в виде двух уголков, подобрав при этом номер уголков. На соединение действует сила Q . Нагрузка статическая. Сварка ручная. Данные брать из таблицы 1.

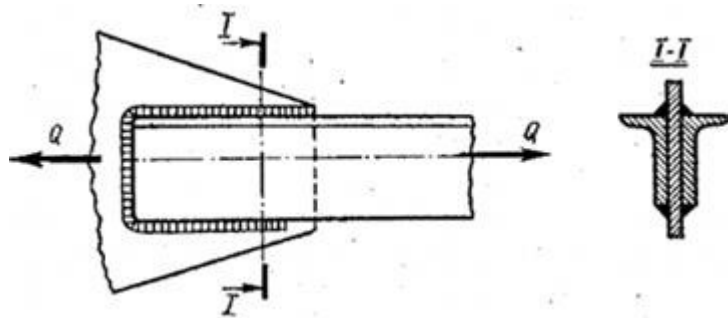


Рис.1. Сварка косынки с растяжками

Таблица 1. Исходные данные для задачи 1

Вариант	Q , кН	Электрод
1	60	Э42
2	70	
3	80	
4	90	
5	100	
6	110	Э34
7	120	
8	130	
9	140	
0	150	

Задача 2.

Проверить напряжения в сварных швах кронштейна, составленного из двух укосин (рис. 2) сечением $b \times \delta$, плиты и швеллерной балки.

Нагрузка P приложена на конце кронштейна длиной L . Угол наклона укосин α . Материал конструкции сталь $Ст3$. Сварка ручная электродом Э42. Данные брать из таблицы 2.

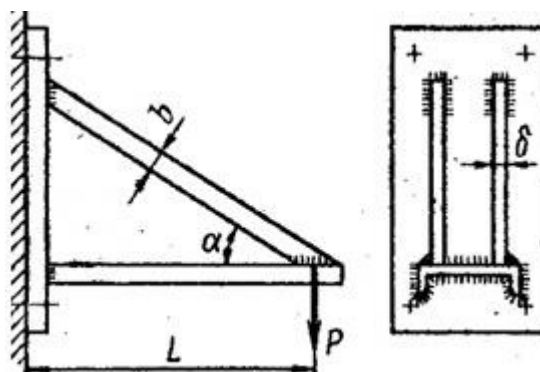


Рис.2. Сварные швы кронштейна

Таблица 2. Исходные данные для задачи 2

Вариант	P , кН	L , м	α , рад	$b \times \delta$, мм
1	65	1,8	$\pi/4$	30x8
2	60	1,7	$\pi/3$	25x10
3	55	1,6	$\pi/4$	30x6
4	50	1,5	$\pi/5$	25x8
5	45	1,4	$\pi/5$	30x6
6	40	1,3	$\pi/6$	25x6
7	35	1,2	$\pi/3$	25x8
8	30	1,1	$\pi/4$	25x6
9	25	1,0	$\pi/5$	20x8
0	20	0,9	$\pi/6$	20x8

Задача 3.

Рассчитать сварной шов А барабана (рис.3). Усилие каждой ветви каната Q , окружное усилие на колесе P , диаметр делительной окружности колеса d_w , диаметр барабана D , толщина стенки δ . Материал конструкции $Ст3$. Данные брать из таблицы 3.

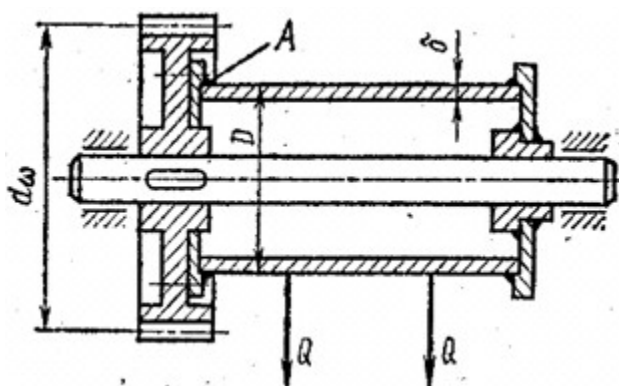


Рис.3. Сварные швы барабана

Таблица 3. Исходные данные для задачи 3

Вариант	P, H	$d_w, мм$	$\delta, мм$	$D, мм$
1	140	1000	30	750
2	130	800	30	600
3	120	900	30	200
4	110	850	25	650
5	100	750	25	600
6	90	650	25	600
7	80	800	25	500
8	75	650	15	500
9	70	600	15	400
0	60	700	15	400

Задача 4.

Рассчитать сварное соединение (рис. 4) стойки ручной лебёдки с плитой. Сила натяжения каната Q направлена под углом α . Положение каната по длине барабана принять самым тяжёлым для швов. Толщина стойки $\delta = 12$ мм, расстояние между стойками $l = 0,6$ м, высота оси барабана H , крайнее положение каната от стойки $a = 100$ мм. Нагрузка статическая. Материал плиты и стойки сталь Ст3. Сварка ручная. Данные брать из таблицы 4.

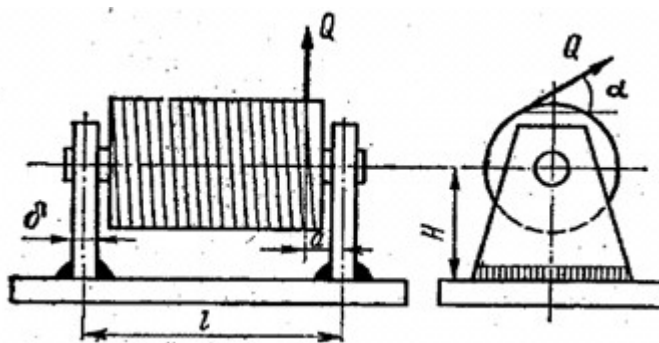


Рис.4. Стойки ручной лебёдки

Таблица 4. Исходные данные для задачи 4

Вариант	$Q, кН$	$H, мм$	$\alpha, рад$	Электрод
1	36	700	$\pi/4$	Э42
2	26	700	$\pi/6$	
3	37	700	$\pi/9$	
4	27	600	$\pi/12$	
5	48	600	$\pi/9$	
6	28	600	$\pi/4$	Э34
7	39	600	$\pi/6$	
8	49	500	$\pi/9$	
9	20	500	$\pi/6$	

0	50	500	$\pi/4$	
---	----	-----	---------	--

Задача 5.

Проверить прочность швов сварного зубчатого колеса (рис.5), соединяющего диск с ободом и со ступицей. Материал диска сталь Ст3, а ступицы и обода Сталь35. Передаваемая валом мощность N при угловой скорости ω , диаметр делительной окружности d_w , толщина швов: $\delta_1 = 10$ мм, $\delta_2 = 8$ мм. Нагрузка постоянная. Сварка ручная электродом Э42. Данные брать из таблицы 5.

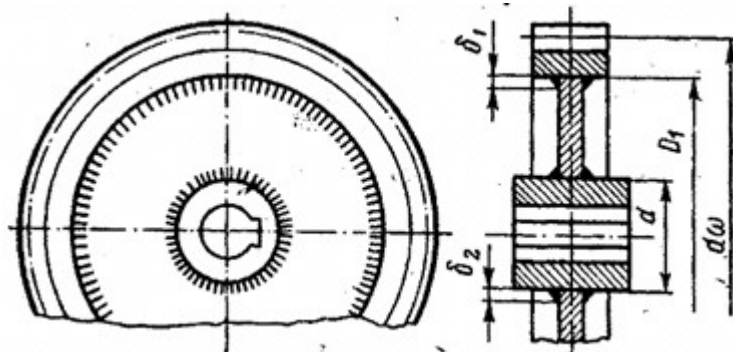


Рис.5. Сварное зубчатое колесо

Таблица 5. Исходные данные для задачи 5

Вариант	N , кВт	ω , рад/с	d_w , мм	D_1 , мм	d , мм
1	25	$\pi/4$	650	580	140
2	28	$\pi/5$	670	650	130
3	32	$\pi/3$	660	590	150
4	34	$\pi/4$	720	650	170
5	36	$\pi/6$	710	640	160
6	38	$\pi/7$	730	660	150
7	40	$\pi/8$	750	690	140
8	42	$\pi/9$	680	610	140
9	44	$\pi/8$	650	680	160
0	46	$\pi/6$	760	630	180

Задача 6.

Определить допускаемую силу Q , которая может быть приложена, исходя из прочности сварных швов, на конце клеммового рычага (рис. 6). Размер рычага у места сварки a . Толщина шва K . Материал рычага сталь Ст3. Сварка ручная, нагрузка статическая. Данные брать из таблицы 6.

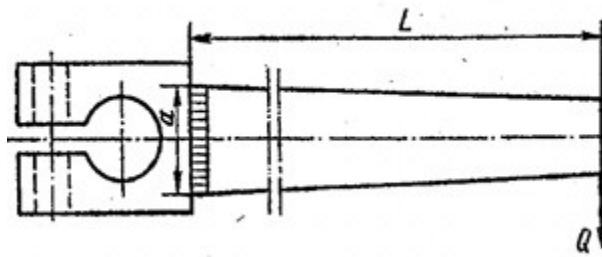


Рис.6. Клеммовый рычаг

Таблица 6. Исходные данные для задачи 6

Вариант	a , мм	L , мм	K , мм
1	35	500	5
2	45	650	5
3	55	800	6
4	60	700	6
5	70	700	7
6	80	850	7
7	90	800	8
8	90	900	8
9	100	950	10
0	100	1000	10

Задача 7.

Рассчитать сварные швы хомута с двутавровой балкой (рис. 7) и подобрать сечение хомута $b \times \delta$, изготовленного из стали Ст3. нагрузка P статическая. Данные брать из таблицы 7.

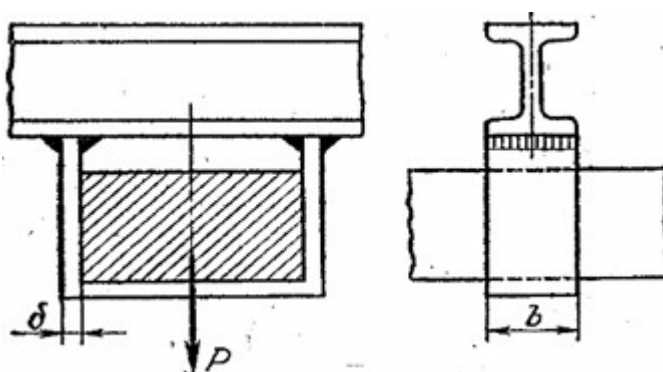


Рис.7. Хомут на двутавровой балке

Таблица 7. Исходные данные для задачи 7

Вариант	$P, \text{кН}$
1	110
2	120
3	130
4	140
5	150
6	160
7	170
8	180
9	190
0	200

Задача 8.

Рассчитать сварное соединение растяжки с косынкой (рис. 8), приваренной к плите. Подобрать сечение растяжки, выполненной из уголков. Угол наклона растяжки α . Действующее усилие Q статическое. Толщина косынки $\delta = 10 \text{ мм}$. Сварка ручная. Данные брать из таблицы 8.

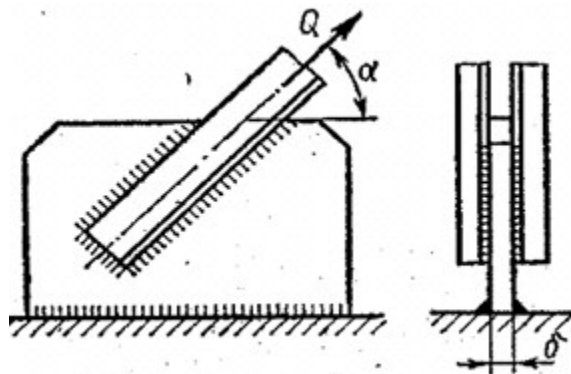


Рис.8. Сварка растяжки с косынкой

Таблица 8. Исходные данные для задачи 8

Вариант	$Q, \text{кН}$	$\alpha, \text{рад}$
1	150	$\pi/6$
2	155	$\pi/4$
3	160	$\pi/3$
4	140	$\pi/6$
5	130	$\pi/4$
6	120	$\pi/3$
7	165	$\pi/6$
8	135	$\pi/4$
9	145	$\pi/3$
0	125	$\pi/6$

Задача 9.

Выбрать самостоятельно номер профиля равнобокого стального уголка по ГОСТ 8509-72 и рассчитать сварное соединение (рис. 9) листа 1 с равнобоким стальным уголком 2. Сварные швы с обеих сторон. Силу Q считать постоянной. Данные брать из таблицы 9. Необходимые параметры задать самостоятельно.

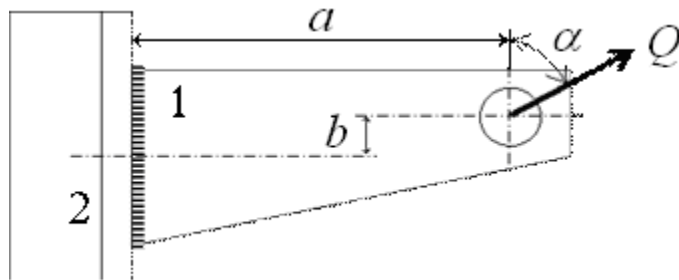


Рис.9. Консольный кронштейн

Таблица 9. Исходные данные для задачи 9

Вариант	Q , кН	a , мм	b , мм	α , рад
1	10	250	12	$\pi/3$
2	11	260	13	$\pi/4$
3	12	270	14	$\pi/5$
4	13	280	15	$\pi/3$
5	14	300	17	$\pi/4$
6	15	320	20	$\pi/5$
7	16	340	18	$\pi/6$
8	17	380	21	$\pi/5$
9	18	390	22	$\pi/4$
0	20	380	15	$\pi/4$

Задача 10.

Выбрать самостоятельно номер профиля двутавровой балки по ГОСТ 8239-72 и рассчитать сварное соединение (рис.10) двутавровой балки длиной L с колонной. Балка нагружена постоянной силой Q . Данные брать из таблицы 10. Необходимые параметры задать самостоятельно.

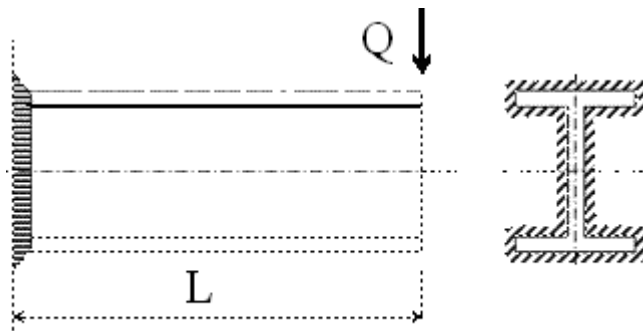


Рис.10. Балка, приваренная к колонне

Таблица 10. Исходные данные для задачи 10

Вариант	Q , кН	L , м
1	6	1,5
2	7	1,4
3	8	1,3
4	9	1,2
5	10	1,1
6	11	1,2
7	12	1,3
8	13	1,4
9	14	1,5
0	15	1,6

Задача 11.

Проверить прочность сварного соединения (рис.11). Соединение выполнено двумя угловыми швами с катетом k . Соединение нагружено силой F (таблица 11). Материал деталей - сталь Ст3. Сварка ручная.

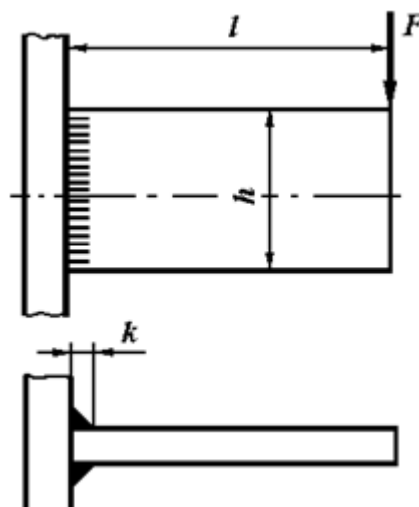


Рис.11. Балка, приваренная к колонне

Таблица 11. Исходные данные для задачи 11

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	35	40	45	50	60	55	80	90	100
l , мм	400	500	300	500	400	500	400	400	400	300
h , мм	160	190	170	220	180	210	190	220	230	220
δ , мм	5				7			8		
Электрод	Э42				Э50			Э42А		

Задача 12.

Проверить прочность сварного соединения, крепящего опорный швеллер, имеющий номер профиля №, к стальной плите (рис.12, таблица 12).
Материал деталей – сталь Ст 3. Сварка автоматическая.

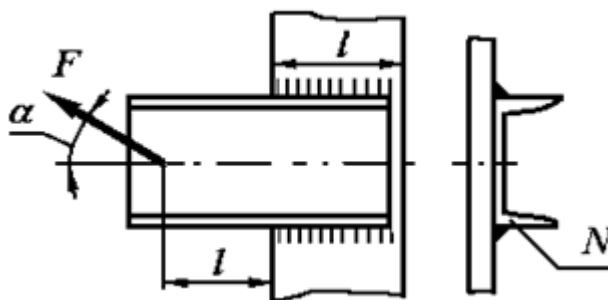


Рис.12. Опорный швеллер

Таблица 12. Исходные данные для задачи 12

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	25	30	40	45	50	55	60	65	70	75
l , мм	350	320	300	280	400	380	360	450	400	500
№	5	8	10	12	14	16	18	20	22	24
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$

Задача 13.

Проверить прочность сварного соединения, если на конце клеммового рычага, длиной l и толщиной δ (рис. 13, таблица 13) приложена сила F .
Материал рычага - Сталь 10. Размер рычага у места сварки a . Сварка ручная.

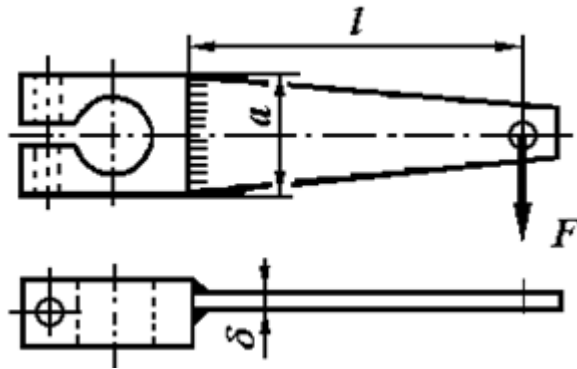


Рис.13. Клеммовый рычаг

Таблица 13. Исходные данные для задачи 13

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	6,5	5	5	7	8	10	9	30	10
a , мм	65	55	55	60	70	80	90	75	100	50
l , мм	200	250	300	350	400	450	500	400	300	200
δ , мм	5		6		7		8		10	
Электроды	Э42А		Э50		Э42		Э50		Э42А	

Задача 14.

Рассчитать сварное соединение – длину шва l (рис.14), крепящее стойки неподвижного блока к плите. Сварка автоматическая. Материал свариваемых деталей - сталь $Ст 5$. Толщина стоек δ (таблица 14).

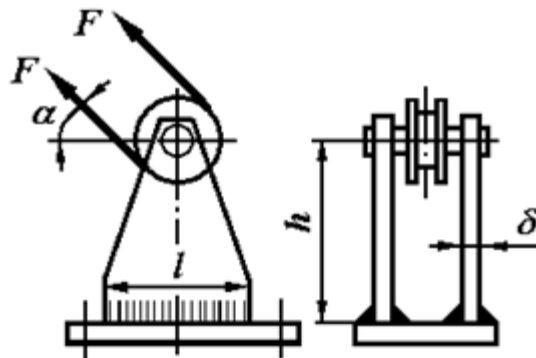


Рис.14. Стойки неподвижного блока

Таблица 14. Исходные данные для задачи 14

Варианты	
----------	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
h , мм	160	150	120	150	160	150	135	150	120	110
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	6			8			10			
Электроды	Э42А			Э50			Э42			

Задача 15.

Проверить прочность сварного соединения крепления трубы к неподвижной плите A (рис.15) путем обварки по контуру сварным швом с катетом k , если наружный диаметр трубы D , толщина стенки δ (таблица 15). Материал трубы - сталь $Ст 3$. Сварка автоматическая электродами Э50А.

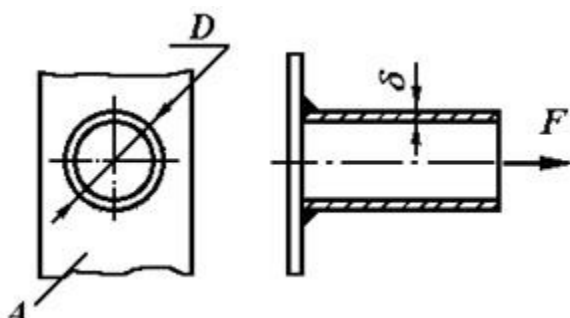


Рис.15. Крепление трубы к плите

Таблица 15. Исходные данные для задачи 15

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	50	60	70	80	90	100	120	140	120	130
D , мм	50	54	60	68	70	76	83	89	95	102
δ , мм	5	6	7	5	8	10	12	10	8	14

Задача 16.

Рассчитать сварное соединение из серьги, блока и швеллера (рис.16). На блок действует сила F , толщина стенки серьги δ (таблица 16). Материал свариваемых деталей - Сталь 10. Сварка ручная.

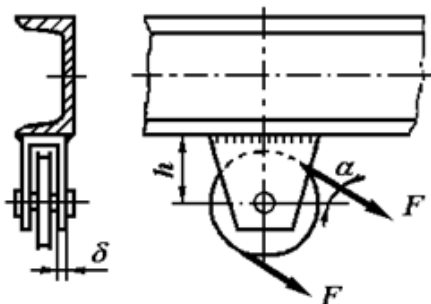


Рис.16. Соединение серьги, блока и швеллера

Таблица 16. Исходные данные для задачи 16

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	5	10	7	8	9	10	12	14	12	13
h , мм	160	200	150	200	250	150	120	200	250	300
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
Электроды	Э42А				Э50			Э42		
δ , мм	6				8			10		

Задача 17.

Проверить прочность сварного соединения листа толщиной δ с уголком (рис.17), если на конце l рычага приложена сила F (таблица 17). Материал рычага - сталь Ст 5. Сварка ручная электродами Э50.

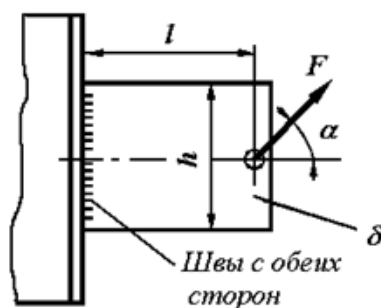


Рис.17. Соединение листа с уголком

Таблица 17. Исходные данные для задачи 17

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	20	30	40	50	40	30	40	50	35	40
l , мм	65	55	55	60	60	65	90	75	100	50
h , мм	120	150	110	130	140	100	140	160	100	90
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	5		6		7		8		10	

Задача 18.

Рассчитать сварное соединение стойки ручной лебедки с плитой (рис.18). Сила натяжения каната направлена под углом α . Положение каната по длине барабана принять наиболее тяжелым. Расстояние между стойками l , высота оси барабана h . Крайнее положение каната от стойки a (таблица 18). Материал деталей – Сталь15. Сварка ручная.

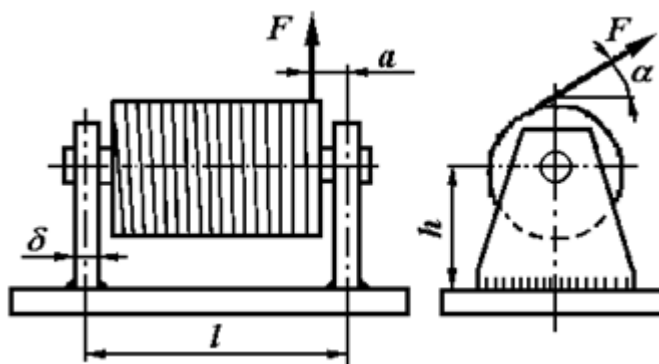


Рис.18. Соединение стойки лебедки с плитой

Таблица 18. Исходные данные для задачи 18

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	26	30	35	28	30	38	20	40	35
h , мм	650	800	600	600	700	500	600	800	500	600
l , мм	500	450	400	500	550	600	400	600	800	700
a , мм	100	150	100	80	100	150	60	100	120	80
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	7					8				
Электроды	Э42А					Э50				

Задача 19.

Рассчитать сварное соединение кронштейна с плитой (рис.19). Соединение выполнено угловыми швами с катетом k . Соединение нагружено силой F (таблица 19). Материал деталей - сталь $Ст 4$. Сварка ручная.

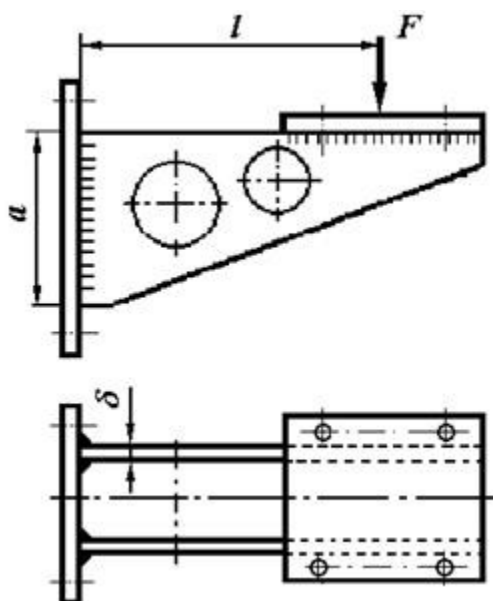


Рис.19. Соединение кронштейна с плитой

Таблица 19. Исходные данные для задачи 19

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	35	40	45	50	20	35	30	25	50
l , мм	240	350	300	500	400	350	280	250	360	460
δ , мм	5			7			8			
Электроды	Э42А			Э50			Э42			

Задача 20.

Рассчитать сварные швы, соединяющие зубчатый венец колеса с его диском и диск со ступицей (рис.20). Передаваемая зубчатым колесом мощность P , угловая скорость ω и его диаметры D и d приведены в таблице 20. Соединение выполнено двумя угловыми швами с катетами k_1 и k_2 . Материал обода и ступицы – Сталь 40, материал диска сталь Ст 3. Сварка ручная, электродами Э42.

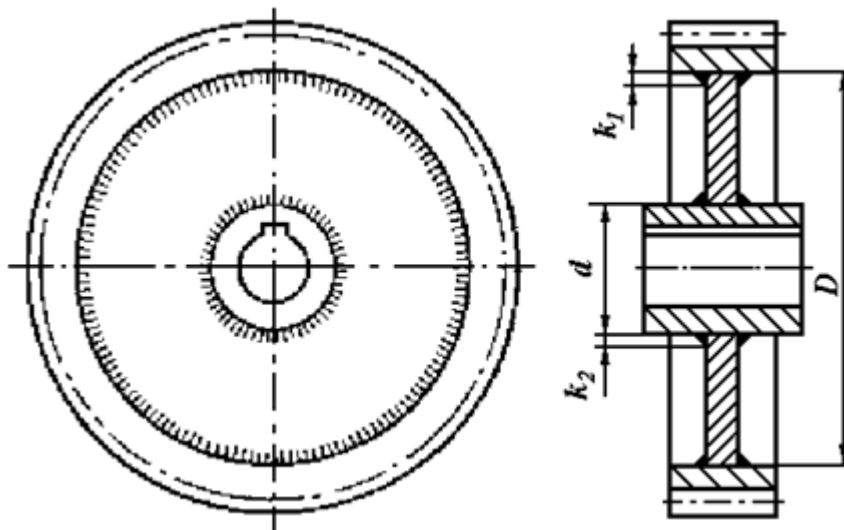


Рис.20. Соединение кронштейна с плитой

Таблица 20. Исходные данные для задачи 20

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	32	35	40	30	50	60	65	55	40	50
ω , с ⁻¹	20	18	22	10	25	30	30	26	24	30
D , мм	160	180	240	300	340	440	390	480	280	190
d , мм	40	48	52	60	70	100	80	120	80	60
k_1 , мм	4			6			8			
k_2 , мм	6			8			10			

Методические указания к решению задач

Расчет ведут в следующем порядке.

1) Выбирают способ сварки (ручная электродуговая, автоматическая и т.д.) или назначают согласно заданию.

2) Принимают (или назначают согласно заданию) тип электрода и материал, свариваемых деталей. Для дуговой сварки применяют электроды с различной обмазкой, или покрытием, обеспечивающим устойчивое горение дуги и защиту материала шва от вредного воздействия окружающей среды. Для сварки конструкционных сталей применяют электроды: Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А и др. Число после буквы Э, умноженное на 10, обозначает минимальное значение временного сопротивления металла шва, измеряемого в МПа. Буква А обозначает повышенное качество электрода, обеспечивающее получение более высоких пластических свойств металла шва.

3) Определяют допустимые напряжения для основного материала и материала сварного шва.

Допускаемые напряжения растяжения основного металла

$$[\sigma_P] = \sigma_T / [s], \quad (1)$$

где σ_T - предел текучести основного металла; $[s]$ – допускаемый коэффициент запаса прочности ($[s] = 1,2 \dots 1,8$ для низкоуглеродистых и $[s] = 1,5 \dots 2,2$ для низколегированных сталей) - большее значение при грубых расчетах; если разрушение сопряжено с тяжелыми последствиями, то значение $[s]$ повышают в 1,5... 2 раза.

Допускаемые напряжения для сварных швов $[\sigma]$ при статической нагрузке задают в долях от допускаемого напряжения $[\sigma_P]$ на растяжение основного металла (таблица 21)

Таблица 21

Вид технологического процесса сварки	Допускаемые напряжения в швах при		
	Растяжении $[\sigma_P]$	Сжатии $[\sigma_{СЖ}]$	Срезе $[\tau]$
Автоматическая под флюсом, ручная электродами Э42А и Э50А, контактная стыковая	$[\sigma_P]$	$[\sigma_P]$	$0,65[\sigma_P]$
Ручная дуговая электродами Э42 и Э50, газовая сварка	$0,9[\sigma_P]$	$[\sigma_P]$	$0,6[\sigma_P]$

В случае если сваривают детали с различными механическими свойствами, то расчет допускаемых напряжений ведется для материала, обладающего наименьшим значением предела текучести.

4) Составляют расчетную схему соединения.

Внешние силы, действующие на соединение, следует перенести в центр тяжести сварного шва в соответствии с правилами теоретической механики, при этом силы, действующие под углом к плоскости сварных швов, необходимо разложить на перпендикулярные составляющие (рис.21).

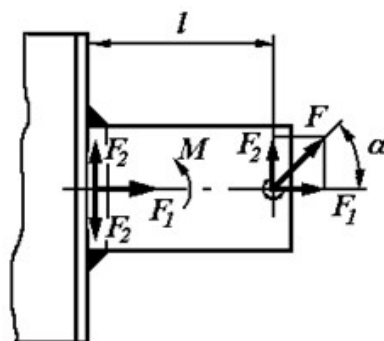


Рис.21

При переносе силы F_1 параллельно себе появляется дополнительно момент пары сил равный

$$M = F_1 \cdot l .$$

При переносе силы F_2 вдоль линии действия никаких дополнительных сил и моментов не возникает.

В задаче 18 усилие от каната приложено к барабану несимметрично по отношению к стойкам, поэтому и силы действующие на сварные швы (R_1 и R_2) будут различны. Для их определения следует составить уравнения равновесия относительно опор 1 и 2 – стоек (рис.22)

$$\Sigma M_i = 0; \quad \Sigma P_i = 0.$$

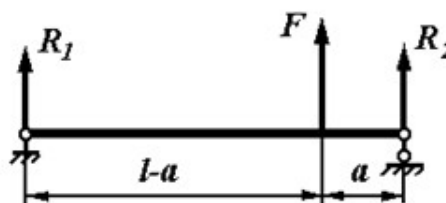


Рис.22

В задаче 10 следует из условия равновесия колеса относительно оси вращения

$$\Sigma T_i = \Sigma \cdot \frac{D_i}{2} = 0$$

определить усилия F_i , вызывающие срез швов на соответствующих диаметрах D_i .

Примеры расчетных схем для задач 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19 показаны на рисунке 23.

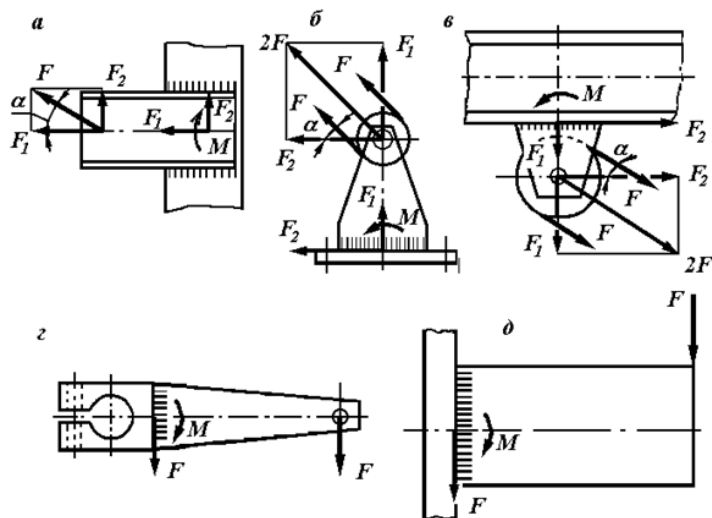


Рис.23

5) Назначают катет шва. В большинстве случаев $k = \delta_{min}$, где δ_{min} - меньшая из толщин свариваемых деталей. По условиям технологии $k \geq 3$ мм, если $\delta_{min} \geq 3$ мм. Максимальная величина катета не ограничивается, однако швы с $k > 20$ мм используются редко.

6) Определяют действующие напряжения отдельно для каждого силового фактора (силы, момента). Складывая напряжения, учитывают их направление (если направление векторов совпадает, то их складывают алгебраически, если векторы перпендикулярны, то их складывают геометрически).

7) При проектировании сварных швов обычно из условия прочности определяют их длину. Принимая при этом, что длина фланговых швов обычно не больше $50k$, лобовые швы могут иметь любую длину. Минимальная длина углового шва l_{min} составляет 30 мм, что перекрывает дефекты сварных швов – непровар в начале и кратер в конце.

Примеры решения задач

Пример 1.

Рассчитать лобовой шов (рис.24), соединяющий два листа толщиной $\delta = 8$ мм из стали Ст 3, если $F = 100$ кН. Сварка ручная электродом Э42.

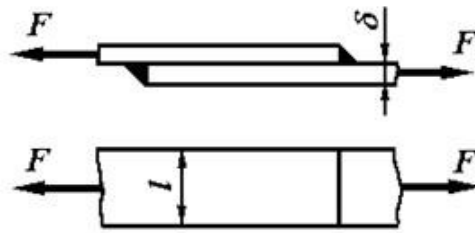


Рис.24

Решение.

1. Определяем допускаемое напряжение растяжения для основного металла, принимая для стали Ст 3 $\sigma_T = 240$ МПа (см. справочные данные) и $[S] = 1,45$ (см. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{1,45} = 165 \text{ МПа.}$$

2. В соответствии с таблицей 21 вычисляем допускаемое напряжение для сварного шва при срезе

$$[\tau'] = 0,6[\sigma_p] = 0,6 \cdot 165 = 99 \text{ МПа.}$$

3. Из условия прочности определяем длину сварного шва

$$\tau = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot L} = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot 2 \cdot l} \leq [\tau']$$

принимая $k = \delta = 8$ мм, $L = 2l$ (два шва) получаем

$$l \geq \frac{F}{1,4 \cdot k \cdot [\tau]} = \frac{100 \cdot 10^3}{1,4 \cdot 8 \cdot 99} = 90,2 \text{ мм.}$$

Учитывая возможность технологических дефектов сварки, принимаем $l = 100$ мм.

Пример 2.

Стержень, состоящий из двух равнополочных уголков, соединенных косынкой, нагружен постоянной растягивающей силой $F = 200$ кН (рис.25). Определить номер профиля уголков и длину швов сварной конструкции соединения. Материал уголков - сталь Ст 3.

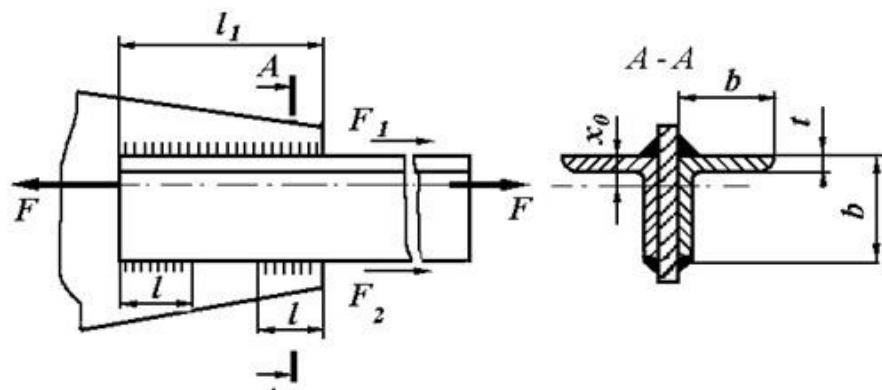


Рис.25

Решение.

1. Принимаем, что сварка осуществляется вручную электродами Э42.

2. Определяем допускаемое напряжение растяжения для основного металла, принимая для *Ст 3* $\sigma_T = 240 \text{ МПа}$ (см. справочные данные) и $[S] = 1,25$ (см. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{1,25} = 192 \text{ МПа.}$$

3. Определим допускаемое напряжение на срез для сварного шва, в соответствии с таблицей 21

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ МПа.}$$

4. Из расчета на растяжение определим площадь сечения уголков

$$2A = F/[\sigma_p] = 200 \cdot 10^3 / 192 = 1042 \text{ мм}^2.$$

Для одного уголка $A = 521 \text{ мм}^2$. По ГОСТ выбираем уголок № 5,6 имеющий площадь поперечного сечения $A = 541 \text{ мм}^2$, толщину полки $t = 5 \text{ мм}$ и координату центра тяжести $x_0 = 15,7 \text{ мм}$.

5. Сварные швы располагают так, чтобы напряжения в них были одинаковыми. Поэтому при проектировании соединения уголков с косынками, т.е. при несимметричной конструкции, длину швов делают неодинаковой. Таким образом, каждый шов воспринимает только свою часть нагрузки F - F_1 и F_2 .

Длину фланговых швов определяют в предположении, что их длина пропорциональна этим частям силы F - F_1 и F_2 . Параллельные составляющие F_1 и F_2 находят по формулам:

$$F_1/F = (b - x_0)/b; \quad F_1 + F_2 = F.$$

Решая эти уравнения, получим:

$$F_1 = F \cdot (b - x_0)/b = 200 \cdot 10^3 (56 - 15,7)/56 = 144 \cdot 10^3 \text{ Н;}$$

$$F_2 = F - F_1 = 200 \cdot 10^3 - 144 \cdot 10^3 = 56 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

6. Определим длину швов, приняв катет шва $k = t = 5 \text{ мм}$:

$$l_1 = F_1 / (2 \cdot 0,7 \cdot k [\tau']) = 144 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 115,7) = 178 \text{ мм,}$$

$$2l_2 = F_2 / (2 \cdot 0,7 \cdot k [\tau']) = 56 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 115,7) = 69 \text{ мм.}$$

Округляя, принимаем $l_1 = 180 \text{ мм}$, $l_2 = 40 \text{ мм}$, добавив для коротких швов по 5 мм против расчетной длины.

Пример 3.

Найти параметры сварных швов кривошипа (рис.26), нагруженного постоянной силой $F = 5 \text{ кН}$ и имеющего размеры $d = 100 \text{ мм}$; $l = 200 \text{ мм}$; a

$= 300 \text{ мм}; \delta_{\min} = 3 \text{ мм}$ при условии, что прочность основного металла обеспечена.

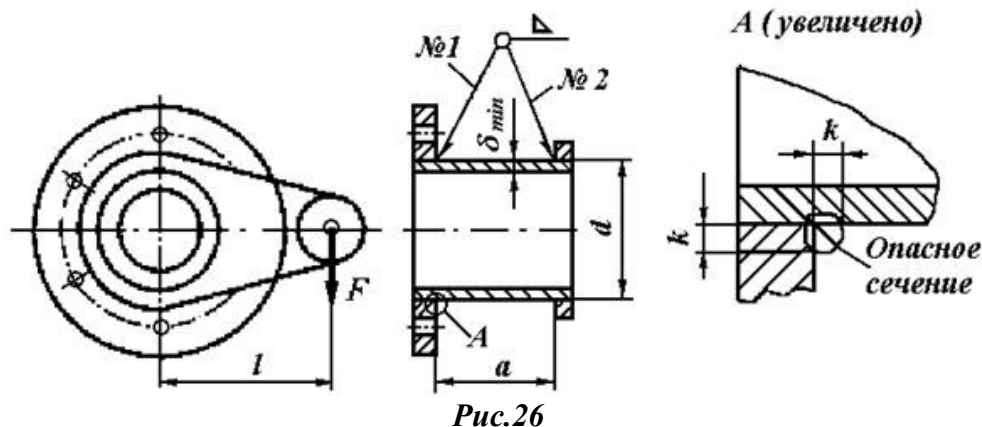


Рис.26

Решение.

1. Дополнительно принято: основной металл - сталь **Ст 4** ($\sigma_T = 260 \text{ МПа}$); сварка ручная дуговая электродом Э42А; швы угловые с катетом $k = \delta_{\min} = 3 \text{ мм}$ (фрагмент А рисунок 26).

2. Определяем допускаемое напряжение растяжения для основного металла, принимая для стали **Ст 4** $\sigma_T = 260 \text{ МПа}$ (см. справочные данные) и $[S] = 1,65$ (см. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{260}{1,65} = 157,6 \text{ МПа.}$$

3. Допускаемое касательное напряжение сварного шва (см. таблицу 21), $[\tau'] = 0,65 \cdot [\sigma_p] = 0,65 \cdot 157,6 = 102 \text{ МПа}$.

4. Расчету подлежит шов №1, который по сравнению со швом №2 дополнительно нагружен изгибающим моментом M . Опасное сечение шва – сечение по биссектрисе прямого угла - представляет собой коническую поверхность, которую условно разворачивают на плоскость стыка свариваемых деталей. Выполняют приведение нагрузки (перенос F в центр тяжести расчетного сечения) и составляют расчетную схему (рис.27), на которой: F - центральная сила; M - изгибающий момент, T - крутящий момент:

$$M = Fl = 5000 \cdot 200 = 1 \cdot 10^6 \text{ Нмм};$$

$$T = Fa = 5000 \cdot 300 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Нмм}$$

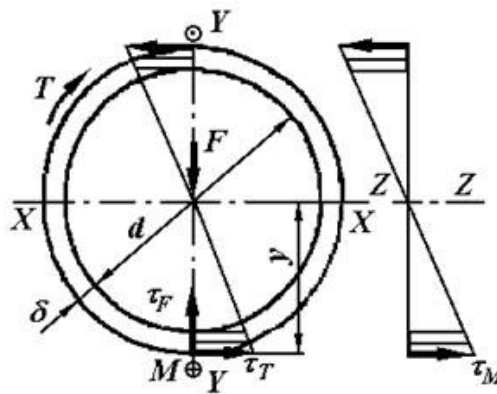


Рис.27

5. В наиболее нагруженных зонах шва, удаленных от оси $X-X$ на расстояние y , находят суммарное касательное напряжение и сравнивают с допусковым, используя зависимость,

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\tau_F^2 + \tau_T^2 + \tau_M^2} \leq [\tau']$$

где τ_F - касательное напряжение при действии центральной сдвигающей силы

$$\tau_F \cong F / (\pi \cdot d \cdot 0,7 \cdot k); \text{ при наличии центрирующего пояска } \tau_F = 0;$$

τ_T - касательное напряжение при действии вращающего момента T ,

$$\tau_T = T / W_p \cong 2 \cdot T / (\pi \cdot d^2 \cdot 0,7 \cdot k) = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^6 / (3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,7 \cdot 3) = 45,1 \text{ МПа};$$

τ_M - касательное напряжение при действии изгибающего момента M ,

$$\tau_M = M / W \cong 4 \cdot M / (\pi \cdot d^2 \cdot 0,7 \cdot k) = 4 \cdot 1 \cdot 10^6 / (3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,7 \cdot 3) = 60,7 \text{ МПа}.$$

Таким образом,

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{45,1^2 + 60,7^2} = 76,5 \text{ МПа} < [\tau'] = 102 \text{ МПа}.$$

Статическая прочность угловых швов обеспечена.

6. Определим величину катета k проектным расчетом, преобразуя зависимость (*):

$$k = \frac{\sqrt{(2 \cdot T)^2 + (4 \cdot M)^2}}{0,7 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot [\tau']} = \frac{\sqrt{(2 \cdot 1,5 \cdot 10^6)^2 + (4 \cdot 10^6)^2}}{0,7 \cdot 3,14 \cdot 100^2 \cdot 102} = 2,23 \text{ мм}.$$

Принято $k = 3 \text{ мм}$.