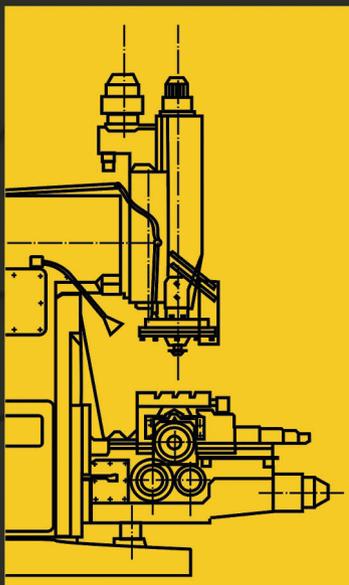
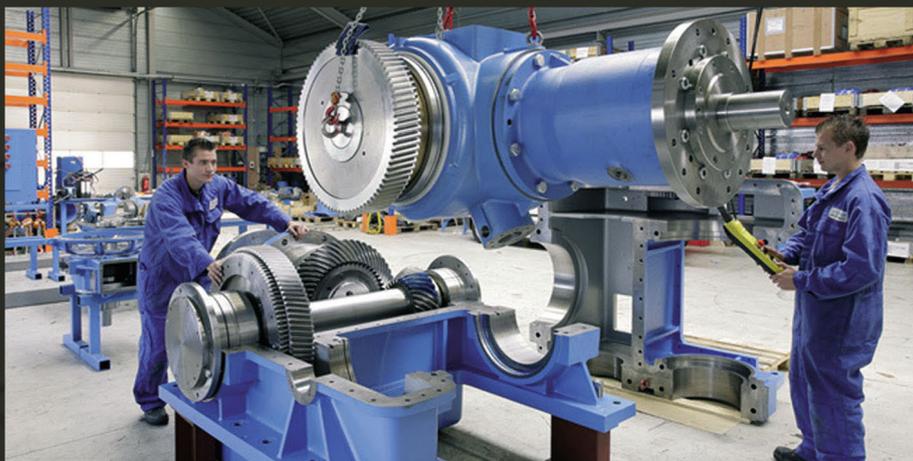


СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО

В.Н. Фещенко



*сборка
производственных
машин*



В.Н. Фещенко

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО
Сборка
производственных машин
Книга 3

Учебное пособие

Инфра-Инженерия
Москва
2012

УДК 621.7(075)

ББК 34.671

Ф44

Р е ц е н з е н т ы:

Юкляев М.П. - заслуженный учитель РФ;

Денисов Н.Б. - главный механик завода «Красный пролетарий».

Фещенко В.Н.

Ф44 **СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО.** Сборка производственных машин.
Книга 3. : учеб. пос. / В.Н. Фещенко. – М.: Инфра-Инженерия,
2012. - 544 с.: ил.

ISBN 978-5-9729-0055-8

Описано устройство механических передач в производственных машинах и их деталей, принципы организации производственного процесса изготовления производственных машин, конструктивные формы деталей и их взаимодействие. Изложены основные методы выполнения слесарных и механосборочных работ, обеспечение размерной точности комплектов (размерных цепей) деталей и испытания готовых к эксплуатации машин и станков.

Приведены сведения об организации труда на рабочем месте, санитарно-гигиенических и безопасных условиях труда.

Для учащихся профессионально-технических учебных заведений и для студентов машиностроительных специальностей технических вузов. Может быть использовано при подготовке рабочих на производстве.

© Фещенко В.Н., 2012

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2012

ISBN 978-5-9729-0055-8

Глава 1 СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Размещение и установка деталей в машине, а также их взаимная связь обеспечиваются соединениями при сборке (рис. 1.1).

Соединения деталей в зависимости от их конструкции могут быть подразделены на **подвижные** и **неподвижные**.

Подвижные и неподвижные соединения подразделяют на разъемные и неразъемные.

Разъемными или **разбираемыми** называют соединения, которые могут быть разобраны без особых затруднений и без



Рис. 1.1. Виды наиболее распространенных соединений

повреждений сопряженных или крепежных деталей. Например, соединения по посадкам с зазором и переходным посадкам, резьбовые и др.

Неразъемными или **неразборными** называют соединения, разборка которых в процессе эксплуатации не предусмотрена и затруднительна, требует больших усилий и сопровождается повреждением сопрягаемых или крепежных деталей, либо скрепляющего вещества.

Неподвижные, неразборные соединения выполняют клепкой, пайкой, посадками с натягом, склеиванием, прессованием, холодной штамповкой и другими способами. Такие соединения отличаются прочностью и стабильностью взаимного расположения соединяемых деталей.

Неподвижные, разбираемые соединения выполняют с помощью переходных посадок и шпонкой, винтовых соединений, соединений с помощью штифтов, конических соединений, клиновых и других соединений.

1.2. ЗАКЛЕПочНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Неразборные соединения, получаемые посредством соединения при сборке деталей заклепками, называют заклепочными. Разборка их обычно сопровождается разрушением деталей соединения.

В современном машиностроении клепка в значительном числе случаев заменена более производительной электросваркой. Однако в ряде отраслей машиностроения (например, в авиастроении, автотракторостроении, сельскохозяйственном машиностроении) клепка еще широко распространена.

Особенность заклепочного соединения состоит в том, что это соединение прочное и надежное, устойчивое при ударных и повторно переменных нагрузках. При этом проверка качества соединения несложная и нетрудоемкая, имеется возможность соединить любые материалы, не изменяя их физико-химических свойств, включая те, которые обычно не соединяются другими методами.

Место соединения деталей заклепками называют заклепочным швом.

По назначению заклепочные швы делятся на прочные, от которых требуется только механическая прочность, и проч-

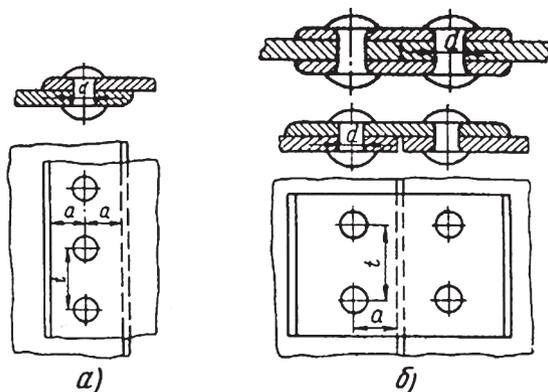


Рис. 1.2. Виды соединения листов:
 а – внахлестку, б – стыковочные

ноплотные, от которых помимо механической прочности требуется также герметичность соединения.

По виду соединения листов различают заклепочные швы двух видов: внахлестку (рис. 1.2, а), когда один лист накладывают на другой, и стыковочные с одной или двумя накладками (рис. 1.2, б), когда листы подводят встык и соединяют наложенными на них одной или двумя накладками.

Кроме того, по расположению заклепок швы делятся на однорядные, двухрядные, многорядные, параллельные и шахматные.

Основные типы заклепок, применяемых в современном машиностроении, приведены на рис. 1.3. Готовая головка заклепки называется *закладной*, а головка, получаемая в результате клепки, – *закрывающей*.

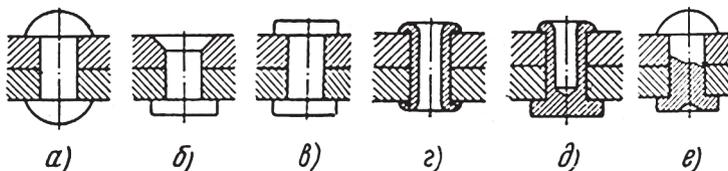


Рис. 1.3. Типы заклепок:

а – со сферической головкой; б – с потайной головкой; в – с плоской головкой;
 г – пустотелая; д – полупустотелая; е – специальная

При выборе материалов желательно, чтобы коэффициенты линейного расширения заклепок и соединяемых деталей были примерно равными (во избежание температурных напряжений). В соединении не следует применять сочетания разнородных материалов, образующих гальванические пары (во избежание возникновения гальванических токов, быстро разрушающих соединения). По этой причине применяют для соединения медных деталей медные заклепки, для алюминиевых деталей – алюминиевые и т. д.

На качество шва влияет правильный выбор величины заклепок и их расположения по длине соединения.

Из расчета прочности соединений и практического опыта принимают:

Диаметр заклепок

$$d \approx (1,5...2)\delta_{\min}$$

или

$$d = t/2\delta,$$

где d – диаметр заклепки, мм; δ_{\min} – меньшая толщина из склепываемых листов, мм; t – шаг заклепок, мм.

Длина стержня заклепки зависит от толщины склепываемых листов и формы замыкающей головки. Замыкающая головка образуется из выступающей части стержня. Длина этой части стержня для образования потайной головки должна быть от $0,8d$ до $1,2d$, а для образования полукруглой головки – от $1,2d$ до $1,5d$.

В зависимости от диаметра d заклепки диаметр отверстия d_0 под заклепку рекомендуется принимать $d_0 = d + (0,2...2)$ мм.

Расстояние от центра заклепки до края листа должно быть не менее $a = (1,5...2)d$.

Толщина накладок, расположенных с двух сторон листа, – $\delta_n = 0,75...0,8\delta$ и $\delta_n = 1,25\delta$ – с одной стороны.

Шаг заклепок для двухрядного шва внахлестку $t \approx (3...6)d$, для двухрядного шва с двумя накладками $t \approx 6d$, для однорядного шва с двумя накладками $t \approx 3,5d$ ($t = 3d + 2$ мм).

Т а б л и ц а 1.1

Рекомендуемые диаметры отверстий под заклепки, мм

Диаметр заклепки d	6,0	7,0	8,0	10,0	13,0	13,5	16,0	16,5	19,0	22	25	28	30	
d_0	Точная сборка	6,2	7,2	8,2	10,5	13,5	14,0	16,5	17,0	20,0	23	26	29	31
	Грубая сборка	6,8	7,8	8,8	11,0	1,4	14,5	17,0	17,5	21,0	24	27	30	32

Шаг между рядами заклепок – t , при расположении в шахматном порядке – $t \approx (2...3)d_0$.

Необходимое количество заклепок m определяют расчетным путем.

Отверстия под заклепки могут быть получены пробивкой, продавливанием или сверлением. Рекомендуемые диаметры отверстий под заклепки – в табл. 1.1.

1.2.1. Расчет на прочность заклепочных соединений

Основным критерием работоспособности клепаных соединений – прочность, причем при расчетах предполагается, что напряжения в сечениях распределены равномерно.

Обычно клепаные соединения нагружены силами, действующими параллельно плоскости контакта соединяемых деталей, поэтому разрушение соединения может произойти в результате следующих причин:

- срез заклепок по сечению 1–1 под действием касательных напряжений (рис. 1.4, а);
- смятие отверстий соединяемых деталей и заклепок под действием сил, вызывающих напряжения смятия (рис. 1.4, а), в результате чего оси заклепок перекашиваются, возникает внецентровое растяжение, и может произойти отрыв головок от стержня;
- разрыв соединяемой детали по сечению, ослабленному отверстиями под заклепки (рис. 1.4, б);
- срез соединяемых деталей по двум сечениям 2–2 (рис. 1.4, б).

В результате процесса клепки стержень заклепки осаживается (укорачивается и увеличивается в диаметре), в результате материал заклепки заполняет отверстие.

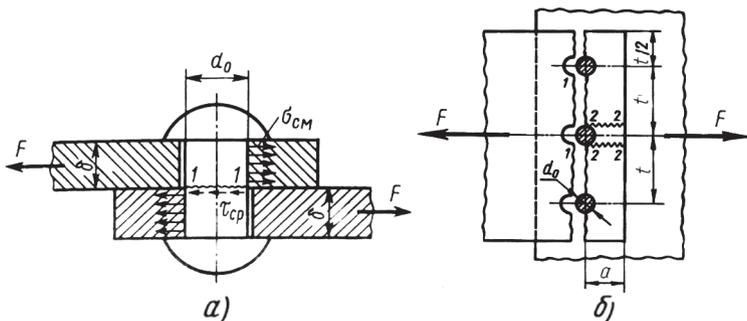


Рис 1.4. Схема действия сил в заклепочном соединении

Поэтому расчет соединения ведут по диаметру d_0 отверстия под заклепку. При этом предполагается, что нагрузка F распределяется между заклепками шва равномерно. Сила трения, возникающая между склепанными деталями, в расчете на прочность не учитывается.

В соединении внахлестку (рис. 1.4) внешняя сила F образует пару сил, моментом которой, из-за малой толщины δ склепываемых листов, пренебрегаем.

Тогда расчет на прочность клепаного соединения будет состоять:

1. Из расчета прочности заклепок на срез по сечению 1–1 (рис. 1.4, а)

$$\tau_{\text{ср}} = F/(mA_{\text{ср}}) = F/(0,75md_0^2) \leq [\tau_{\text{ср}}],$$

где $A_{\text{ср}} = 0,25i\pi d_0^2$; i – число плоскостей среза; $A_{\text{ср}}$ – площадь среза заклепки; m – число заклепок шва при симметрично действующей нагрузке $m \geq F/(A_{\text{ср}}[\tau_{\text{ср}}])$.

2. Из расчета прочности соединения на смятие боковой поверхности заклепок и стенок отверстий соединяемых деталей (рис. 1.4, а)

$$\sigma_{\text{см}} = F/(mA_{\text{см}}) \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где $A_{\text{см}} = d_0\delta_{\text{мин}}$; $\delta_{\text{мин}}$ – меньшая толщина из соединяемых деталей (высота проекции стержня заклепки), число отверстий в опасном сечении листа.

Т а б л и ц а 1.2

Рекомендуемые значения допускаемых напряжений в заклепочно соединении

Компонент шва	Вид допускаемых напряжений	Способ изготовления отверстий	Значения допускаемых напряжений, МПа	
			Ст2, Ст10кп	Ст3, Ст20кп
Детали конструкции	Растяжение $[\sigma_p]$,		140	160
	Срез $[\tau_{\text{ср}}]$		90	100
	Смятие $[\sigma_{\text{см}}]$		210	240
Заклепки	Срез $[\tau_{\text{ср}}]$	Пробивка	100	100
		Сверление	140	140
	Смятие $[\sigma_{\text{см}}]$	Пробивка	240	280
		Сверление	280	320

Примечание. Для латуни и дюралюминия - допускаемые значения напряжений для Ст3/(1,5...2)

3. Из расчета прочности соединяемых деталей на растяжение (разрыв) по сечению 1–1 (рис. 1.4, б), ослабленному отверстиями под заклепки

$$\sigma_p = F/(A_p) \leq [\sigma_p],$$

где $A_p = (b - d_0 m)\delta_{\min}$ – расчетная площадь в опасном сечении листа.

4. Из расчета прочности соединяемых деталей на срез заклепками по сечению 2–2 (рис. 1.4, б)

$$\tau'_{cp} = F/(mA'_{cp}) \leq [\tau'_{cp}],$$

где $A'_{cp} = 2(e - d_0 m/2)\delta_{\min}$ (здесь длина e сечения 2–2, уменьшенная на $d_0/2$, так как вначале материал сминается на эту величину, и лишь затем происходит срез).

Рекомендуемые значения допускаемых напряжений приведены в табл. 1.2.

Пример. Нахлесточное заклепочное соединение двух полос из дюралюминия $b \times \delta = 350 \times 12$ мм с приложенной силой $F = 250$ кН.

Вычисление

Диаметр заклепок

$$d \approx (1,8 \dots 2,2)\delta_{\min} = (1,8 \dots 2,2) \cdot 12 = 21,6 \dots 26,4 \text{ мм.}$$

По табл. 1.1 выбираем $d = 25$ мм и $d_0 = 26$ мм.

Допускаемые напряжения по табл. 1.2 с учетом примечания:

$$\text{металл } [\sigma_p] = 160/2 = 80 \text{ МПа;}$$

$$\text{заклепки } [\sigma_{cm}] = 320/2 = 160 \text{ МПа;}$$

$$[\tau_{cp}] = 140/2 = 70 \text{ МПа, при сверленных отверстиях.}$$

Количество заклепок:

$$m \geq F/(A_{cp}[\tau_{cp}]m). A_{cp} = \pi d_0^2/4 = 1 \cdot 3,14 \cdot 26^2/4;$$

$$m \geq 250/(1 \cdot 3,14 \cdot 26^2/4) \cdot 70 = 7,9.$$

Прочность на смятие:

$$\sigma_{cm} = F/(A_{cm}m) \leq [\sigma_{cm}];$$

$$m \geq F/(A_{cp}[\sigma_{cm}]) = 250/(1 \cdot 3,14 \cdot 26^2/4) \cdot 160 = 5,01.$$

Принимаем 8 заклепок.

Основные параметры заклепочного шва:

шаг заклепок

$$t \approx (3 \dots 6)d = (3 \dots 6)25 = 75 \dots 150 \text{ мм;}$$

при $b = 350$ мм можно разместить в ряду 3 заклепки при $p = 115$ мм;

расстояние от края листа до центра заклепки

$$a \approx (1,5 \dots 2)d = (1,5 \dots 2)25 = 37,5 \dots 50 \text{ мм};$$

расстояние между рядами, расположенными в шахматном порядке,

$$t \approx (2 \dots 3)d_0 = (2 \dots 3)26 = 52 \dots 78 \text{ мм};$$

проверка соединяемых листов на растяжение в опасном сечении при $m = 3$

$$\sigma_p = F / (b - d_0 m) \delta_{\min} = 250 / (350 - 26 \cdot 3) 12 = 76,5 \text{ МПа} \leq [\sigma_p] = 80 \text{ МПа}, \text{ что приемлемо.}$$

1.2.2. Заклепочные конструкции

Заклепочные конструкции чаще всего состоят из следующих видов деталей: фермы из стержней, работающих на растяжение или сжатие (на продольный изгиб), балки и стойки. Для каждого из этих видов деталей применяют определенные проверенные опытом методы расчета и конструкции заклепочных соединений.

Стержни соединяются в узловых точках посредством косынок.

Стержни, работающие на сжатие, изготавливаются из профилей с малой площадью сечения и большим моментом инерции, т. е. из угольников, двутавров, швеллеров.

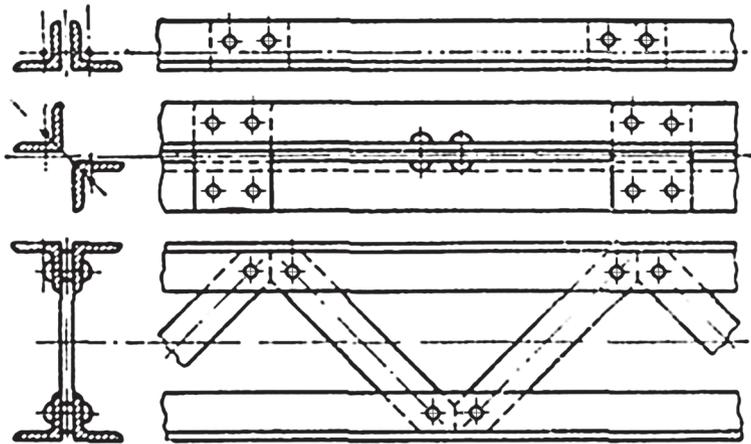


Рис. 1.5. Составные стержни фермы

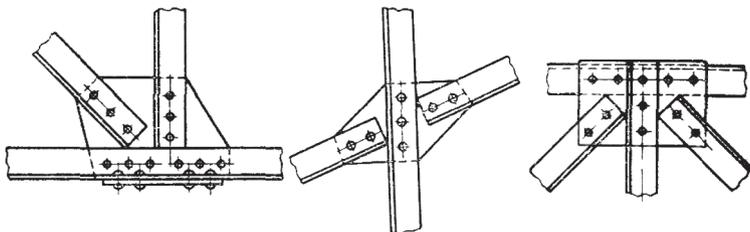


Рис. 1.6. Соединение профилей в узел с помощью косынки с учетом их центров тяжести

В зависимости от расположения применяют стержни цельные, состоящие из таврового, двутаврового или швеллерного профиля. Могут быть применены составные стержни из двух профилей (углового, двутаврового, таврового или швеллерного), соединенных сплошным рядом соединительных заклепок, а также сложносоставные (рис. 1.5), изготовленные из двух или нескольких цельных стержней, взаимно связанных накладками или косынками. Стержни ферм должны быть соединены таким образом, чтобы линии центров тяжести стержней пересекались в одной точке косынки (рис. 1.6).

Если угольник присоединен только одной своей полкой, то для соединения должны быть применены 3 или 2 заклепки. Присоединение лишь одной заклепкой применять нельзя.

1.3. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ

Соединение сваркой – неразъемное соединение, полученное в результате того, что в месте соединения деталей металл расплавляют и заполняют образовавшееся пространство присадочным расплавленным металлом. Полученная смесь металлов при застывании образует сварочный шов, который по механическим свойствам (на разрыв) может выдерживать большие нагрузки, чем свариваемые металлы.

Сварка может быть (рис. 1.7) электродуговой, газопламенной, электроконтактной и др.

1.3.1. Электроконтактная сварка

Видами контактной сварки являются точечная, шовная и стыковая. При точечной и шовной электросварке электричес-

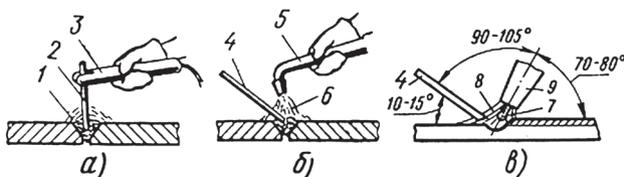


Рис. 1.7. Виды сварки:

- а – дуговая; б – газовая; в – в среде защитных газов: 1 – электрическая дуга, 2 – плавящийся электрод, 3 – электрододержатель, 4 – присадочный материал, 5 – сварочная горелка, 6 – пламя, 7 – электрод, 8 – защитный газ, 9 – сопло горелки

кий ток пропускают через электроды, сжимающие листы, положенные внахлестку, а при стыковой – через листы, положенные встык. В процессе сварки электрод перемещается по поверхности соединяемых листов. Под электродом, в месте его прохождения, ток, проходя через металл, нагревает его, и листы свариваются.

Эти виды сварки очень экономичны и производительны, их применяют для соединения листовых изделий (рис. 1.8).

1.3.2. Электродуговая сварка

При соединении деталей электродуговой сваркой (рис. 1.7, а) металл плавится под действием теплоты электрического тока, выделяемой вольтовой дугой. Для получения вольтовой дуги применяют аппараты постоянного и переменного тока.

Сварку деталей обычно выполняют на сварочном столе, поверхность которого выполнена из стального листа.

Процесс электросварки осуществляется следующим образом. В электрическую цепь к сварочной установке подключают к отрицательному полюсу поверхность стола со свариваемыми деталями; противоположным положительным полюсом является присадочный материал (электрод), который изготовляют из мягкой стальной проволоки диаметром 2-12 мм с содержанием углерода до 0,25 % и покрывают специальным флюсом для снижения окисляемости сварочного шва. При сварке электрод плавится под действием теплоты вольтовой дуги; расплавленный металл электрода заполняет кратер, образуемый вольтовой дугой. Температура дуги в момент сварки достигает 6700° С. Дуговая сварка дает возможность получить различные соединения и швы (рис. 1.9, табл. 1.3).

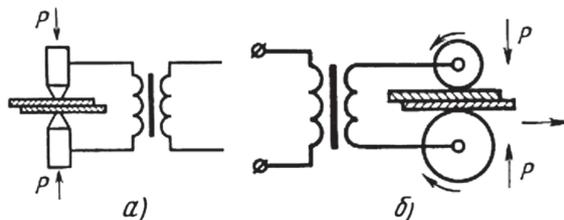


Рис. 1.8. Схемы электроконтактной сварки:
а – точечной, б – шовной

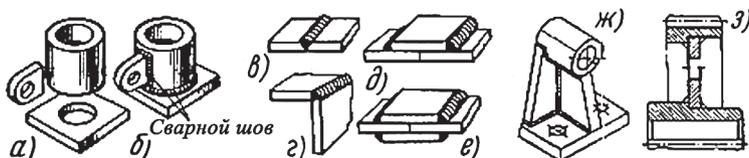


Рис. 1.9. Детали и сварные соединения:

а – детали, подготовленные под сварку; б – соединение деталей после сварки; соединения: в – стыковое; г – угловое; д – с одной накладкой; е – с двумя накладками; ж, з – тавровое

Максимальная толщина деталей, свариваемых вручную без скоса кромок, равна 4 мм при односторонней и 6 мм при двухсторонней сварке стали.

Таблица 1.3

Типы швов сварных соединений

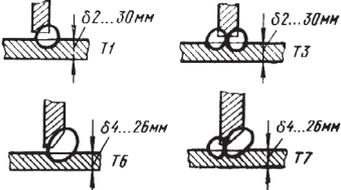
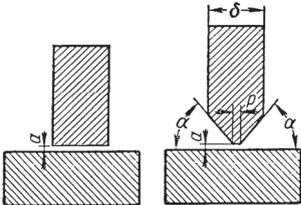
Гост	Вид сварки	Вид соединения	Пределы толщины свариваемых деталей, мм	Условные обозначения швов
5264-80	Ручная дуговая	Стыковое	1...100	C1...C25
		Тавровое	2...100	T1...T11
		Нахлесточное	2...60	H1...H3
		Угловое	1...50	Y1...Y10
8713-79*	Механическая и автоматическая под флюсом	Стыковое	1,5...160	C1...C34
		Тавровое	3...60	T1...T13
		Нахлесточное	1...40	H1...H6
		Угловое	1,5...40	Y1...Y10
14771-76*	В защитных газах	Стыковое	0,5...120	C1...C28
		Тавровое	0,8...100	T1...T10
		Нахлесточное	0,8...60	H1...H2
		Угловое	0,5...100	Y1...Y10

Способы подготовки кромок определяются толщиной и маркой свариваемого металла, типом соединения, его пространственным положением при сварке и технологическим процессом сварки (одно- или двусторонняя сварка) (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Способы подготовки кромок под электросварку

Вид сварного соединения	Свариваемые кромки и метод сварки в зависимости от толщины металла δ	
Стыковое соединение – С		
Нахлесточное соединение – Н (лобовое, фланговое, комбинированное)		
Угловое соединение – У		$\delta \geq 4$; $a = 1 \pm 1$; $p = 2$; $c = 1 \pm 1$; $k_1 = 3$; $\alpha = 50$; $\alpha_1 = 60$; $\varphi = 40 \div 90^\circ$

Вид сварного соединения	Свариваемые кромки и метод сварки в зависимости от толщины металла δ	
Тавровое соединение – Т		
		$\delta \geq 10$; $a = 1 \pm 1$; $p = 2$; $c = 1 \pm 1$; $k_1 = 3$; $\alpha = 50$; $\alpha_1 = 60$; $\varphi = 40 \div 90^\circ$

Подготовка кромок монтажных стыков по возможности должна предусматривать их сварку в нижнем или вертикальном положении.

При определении значения катета шва k принимают меньший катет вписанного в сечение шва равнобедренного треугольника. Минимальный катет k_{\min} валиковых швов, обеспечивающий удовлетворительный провар, определяют в зависимости от толщины свариваемых элементов δ , а именно: (табл. 1.5).

Конструктивные элементы. При сварке профильной стали производят подготовку присоединяемой детали по размерам в соответствии с табл. 1.6, 1.7.

В случае сварки встык кромок листов разной толщины (δ и δ_1) разница должна быть выдержана в соответствии с рекомендациями табл. 1.8.

При сварке встык, если разность толщин кромок листов превышает указанную величину $\Delta = \delta_1 - \delta$ при одностороннем

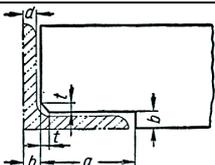
Таблица 1.5

Минимальный катет k_{\min} валиковых швов, мм

δ	k_{\min}	δ	k_{\min}
< 4	3	16-25	8
4-8	4	25 >	10
9-15	6		

Таблица 1.6

Соединение с уголком равнобоким



№ профиля	Толщина полки d	a	b	t	№ профиля	Толщина полки d	a	b	t	№ профиля	Толщина полки d	a	b	t	
															№ профиля
3	4	26	5	5	8	6	74	7	6	12	10	111	11	12	
	5	25	6	5		8	72	9	8		12	109	13	12	
						10	70	11	8		14	107	15	12	
4	4	36	5	5											
	5	35	6	5											
	6	34	7	5											
					9	8	83	9	8						
						10	81	11	10						
						12	79	13	10						
						14	77	15	12						
5	5	45	6	5						13	10	121	11	12	
	6	44	7	5							12	119	13	12	
											14	117	15	12	
6,5	6	59	7	6											
	8	57	9	8											
	10	55	11	8											
					10	8	93	9	10						
						10	91	11	10						
						12	89	13	10						
						14	87	15	12						
						16	85	17	12						
										15	12	139	13	12	
											14	137	15	14	
											16	135	17	14	
											18	133	19	14	
7,5	6	69	7	6											
	8	67	9	8											
	10	65	11	8											
	12	63	13	10											

Таблица 1.7

Соединение с двутавром и швеллером

№ профилей и типы	a	c	ℓ	ℓ ₁	Фаска t	№ профилей и типы	a	c	ℓ	ℓ ₁	Фаска t
14	38	4	127	111	4	8	38	6	66	58	5
16	42	4	146	130	5	10	43	6	86	77	7
18	44	5	165	148	5	12	47	7	106	90	7
20a	47	5	184	167	6	14a	52	7	125	114	7
24a	55	6	220	203	6	16a	56	8	145	133	7
30a	59	6	280	260	7	20a	65	9	182	171	8
36a	63	7	338	315	7	24a	70	9	222	207	8
40a	66	7	376	352	8	30a	78	9	278	264	8
						36a	85	10	336	319	10
						40a	90	12	372	352	10

Таблица 1.8

**Рекомендации по сварке встык
крамок листов разной толщины**

δ, мм	Δ = δ ₁ - δ, мм
< 3	0,7 δ
4÷8	0,6 δ
9÷11	0,4 δ
12÷25	5
> 25	7

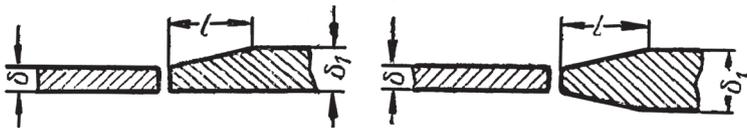


Рис. 1.10. Сварка листов разной толщины

превышении кромок или величину $\Delta = 2(\delta_1 - \delta)$ при двустороннем, то на листе с большей толщиной выполняют скос до толщины тонкого листа с одной стороны длиной $\ell = 5(\delta_1 - \delta)$ – при одностороннем превышении толщины кромок или с двух сторон длиной $\ell = 2,5(\delta_1 - \delta)$ – при двустороннем превышении толщины кромок согласно рис. 1.10.

Допускается смещение свариваемых кромок относительно друг друга до 10%, но не более 3 мм.

Сварка алюминия и его сплавов встык толщиной до 25 мм обычно производится без скоса кромок с зазором 1-1,5 мм.

1.3.3. Газовая сварка деталей

При газовой сварке производят местный нагрев свариваемых металлов до температуры плавления и сваривают их с помощью присадочного материала. Металлы нагревают газовой горелкой. Температура при горении газовой смеси достигает 3100-3200° С.

В качестве присадочного материала при сварке низкоуглеродистой стали применяют проволоку с содержанием (%): 0,06-0,1 углерода, 0,1-0,25 кремния и 0,2-0,4 марганца.

Газовую сварку применяют для соединения тонкой листовой стали, чугуна, цветных металлов и сплавов, а также для разъединения сваренных деталей и для резки металла на заготовки для деталей.

Известны два основных способа ручной газовой сварки: правый и левый. В первом случае пламя сварочной горелки направлено на выполненный шов, горелка перемещается впереди прутка присадочного металла, процесс сварки ведется слева направо; во втором пламя направлено в сторону еще не заваренного соединения, впереди находится прутки присадочного металла, а за ним – пламя горелки, процесс сварки ведется справа налево.

Левый способ, получивший наибольшее распространение, более пригоден для сварки стальных деталей толщиной до 3 мм. Он обеспечивает получение шва с равномерными шириной и высотой валика и с лучшим внешним видом. При этом способе уменьшается вероятность прожога металла при сварке листов малой толщины.

Правый способ рекомендуется для сварки стальных деталей, особенно из легированных сталей и сталей с повышенным содержанием углерода, деталей толщиной более 5 мм и только в нижнем положении, отличается большей производительностью, чем левый при сварке сталей толщиной более 5 мм, обеспечивает некоторую термическую обработку сварного соединения.

Подготовка кромок монтажных стыков по возможности должна предусматривать их сварку в горизонтальном нижнем положении (табл. 1.9).

Таблица 1.9

Виды подготовки кромок под газовую сварку стальных деталей

Виды соединений	Толщина металла, мм	Подготовка кромок для ручной газовой сварки			
		левой		правой	
		односторонней	двусторонней	односторонней	двусторонней
Стыковые	< 2				
	< 2				
	2-5				
	5-15				
	> 15				
Угловые	< 5				
	5-15				
	> 15				

Виды соединений	Толщина металла, мм	Подготовка кромок для ручной газовой сварки			
		левой		правой	
		односторонней	двусторонней	односторонней	двусторонней
Тавровые	< 3				
	3-15				
	> 15				

1.3.4. Расчет на прочность сварных соединений

При расчетах на прочность сварных соединений предполагается, что напряжения в сечениях распределены равномерно.

Обычно сварные соединения нагружены силами, действующими параллельно плоскости контакта соединяемых деталей.

Расчет стыковых сварных соединений на прочность производят по номинальному сечению без учета утолщения швов в зависимости от вида действующих нагрузок (рис. 1.11).

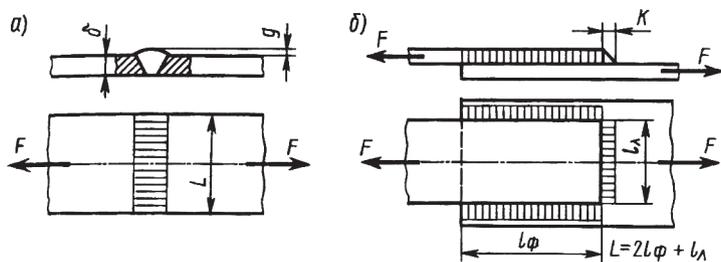


Рис. 1.11. Сварные швы

Допускаемое напряжение для основного металла

Метод сварки	При растяжении [σ_p]	При сжатии [$\sigma_{сж}$]	При срезе [$\tau_{ср}$]
Автоматическая, ручная электродами Э42А, Э50А	[σ_p]	[σ_p]	0,65[σ_p]
Электродами обыкновенного качества Э42, Э50	0,9[σ_p]	[σ_p]	0,6[σ_p]
Электродами Э34 с ионизирующим покрытием	0,6[σ_p]	0,75[σ_p]	0,5[σ_p]

Прямой сварной стыковой шов (рис. 1.11, а) растягивается (сжимается) постоянной силой F . Допускаемое усилие на шов определяют по формуле

$$F \leq L\delta[\sigma'_p],$$

где $L\delta$ – площадь поперечного сечения шва, где высоту шва принимают равной толщине листа – δ , $h \approx \delta[\sigma'_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение в самом шве.

При расчете на сжатие берут допускаемое напряжение на сжатие [$\sigma'_{сж}$], которое обычно превышает допускаемое напряжение на растяжение (табл. 1.10).

Нахлесточное соединение (рис. 1.11, б) может быть лобовым при перпендикулярном расположении силы F относительно шва, фланговым при параллельном расположении валика шва и комбинированным при наличии косых швов.

Угловое соединение двух деталей, свариваемые кромки которых расположены под любым углом (чаще 90°).

Тавровое соединение – соединение торцов одной детали с плоскостями других деталей.

Нахлесточное, угловое и тавровое соединения образуются угловым швом (рис. 1.11).

Соединение угловым швом сопровождается действием статической растягивающей силы F (рис. 1.11, б).

Расчет угловых швов всех типов (выпуклых и вогнутых) производят на срез в опасном сечении 1–1, проходящем через биссектрису прямого угла (рис. 1.12; а, б) равнобедренного треугольника без учета выпуклости шва: со сторо-

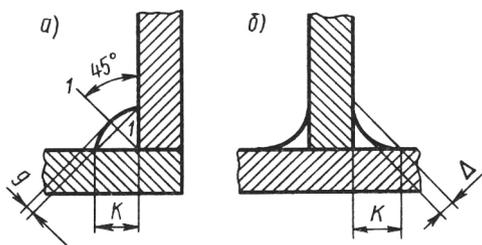


Рис. 1.12. Угловые соединения

ной $K = \delta$. В этом сечении кроме касательных возникают и нормальные напряжения.

Площадь среза при длине шва, равной ширине полосы

$$F_{\text{ср}} = b \cdot 0,7\delta,$$

где $b_{1-1} = \delta \cos 45^\circ \approx 0,7\delta$.

Полагая, что усилие F распределяется равномерно по всей длине шва, допускаемое усилие для одностороннего шва

$$F \leq 0,7\delta b [\tau'_{\text{ср}}],$$

где δ – толщина листа, мм (или величина катета K); b – ширина листа (или длина шва), мм; $[\tau'_{\text{ср}}]$ – допускаемое напряжение на срез шва (табл. 1.10).

При расчете на сжатие следует подставлять в формулу допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma'_{\text{сж}}]$.

При расчетах на прочность (растяжение-сжатие) других сварных угловых соединений применяют ту же расчетную формулу, только вместо b подставляют суммарную длину всех швов L , и получаем:

$$F \leq 0,7KL_{\Sigma} [\tau'_{\text{ср}}],$$

где $K = \delta$, мм; L_{Σ} – суммарная длина всех швов; $[\tau'_{\text{ср}}]$ – допускаемое напряжение на срез шва.

Суммарная длина шва $L_{\Sigma} = \sum \ell_i$ – сумма всех отрезков сварного шва. Так, на рис. 1.11, а $L_{\Sigma} = L = b$; на рис. 1.11, б суммарная длина шва $L_{\Sigma} = 2\ell_{\phi} + \ell_a$; на рис. 1.13, а – $L_{\Sigma} = 2\ell_1 + 2\ell_2 + 2b$.

Содержание

Введение.....	3
Глава 1	
СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	5
1.1. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	5
1.2. ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	6
1.2.1. Расчет на прочность заклепочных соединений.....	9
1.2.2. Заклепочные конструкции.....	12
1.3. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ.....	13
1.3.1. Электродугосварная сварка.....	13
1.3.2. Электродуговая сварка.....	14
1.3.3. Газовая сварка деталей.....	20
1.3.4. Расчет на прочность сварных соединений.....	22
1.3.5. Допускаемое напряжение для сварных швов.....	25
1.3.6. Стержневые конструкции.....	27
1.3.7. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.....	29
1.3.8. Упрощенное обозначение швов сварных соединений.....	33
1.4. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ КЛЕЕННЫЕ.....	35
1.5. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПАЙКОЙ.....	41
1.6. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ.....	47
1.6.1. Соединения цилиндрических деталей по посадке с гарантированным натягом.....	47
1.6.2. Расчет на прочность прессовых соединений.....	50
1.6.3. Сборка прессового соединения с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали.....	53
1.6.4. Соединения деталей с коническими поверхностями с гарантированным натягом.....	55
1.7. РЕЗЬБЫ И РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	57
1.7.1. Геометрия винтовой линии.....	57
1.7.2. Профили резьбы и определения основных элементов.....	59
1.7.3. Соединения стандартных резьбовых крепежных изделий.....	67
1.7.4. Расчет болтовых соединений, нагруженных осевой силой.....	83
1.7.4.1. Резьбовые крепежные соединения с предварительным напряжением затяжки.....	85

1.7.5. Резьбовые крепежные соединения, нагруженные поперечной силой.....	86
1.7.6. Технические условия на резьбовые крепежные изделия с метрической резьбой.....	91
1.7.7. Нормы точности для резьбовых крепежных деталей.....	92
1.8. ШТИФТЫ И ШТИФТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	93
1.8.1. Расчет конического штифта на прочность.....	95
1.8.2. Цилиндрический штифт-шпонка.....	96
1.8.3. Расчет цилиндрического штифта на прочность.....	98
1.9. ШПЛИНТЫ.....	100
1.10. ВИНТЫ ГРУЗОВЫЕ (РЫМ-БОЛТЫ) И ФУНДАМЕНТНЫЕ БОЛТЫ.....	100
1.11. КЛИНОВЫЕ, ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	102
1.11.1. Клиновые соединения.....	102
1.11.2. Шпоночные соединения.....	104
1.11.3. Шлицевые соединения.....	110
1.11.4. Соединения с квадратным валом.....	114
Глава 2	
ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	116
2.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ.....	116
2.1.1. Основные виды зубчатых передач.....	116
2.1.2. Геометрия зубчатого зацепления.....	117
2.1.3. Влияние числа зубьев на форму и прочность зуба.....	122
2.1.4. Применение зубчатых зацеплений со смещением контура зубьев (корректированных).....	123
2.1.5. Понятие об интерференции.....	125
2.1.6. Скольжение и трение в зацеплении.....	126
2.1.7. Коэффициент перекрытия.....	127
2.1.8. Точность зубчатых передач.....	131
2.1.9. КПД зубчатых передач.....	132
2.2. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРЯМОЗУБАЯ И КОСОЗУБАЯ ПЕРЕДАЧИ.....	133
2.2.1. Цилиндрическая прямозубая передача.....	133
2.2.1.1. Основные геометрические зависимости.....	134
2.2.2. Цилиндрическая косозубая передача.....	135
2.2.2.1. Основные геометрические параметры.....	136
2.2.2.2. Коэффициент осевого перекрытия.....	140
2.3. ЗУБЧАТАЯ ВИНТОВАЯ ПЕРЕДАЧА.....	141
2.4. ЗУБЧАТЫЕ ЧЕРВЯЧНАЯ И КОНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧИ.....	142

2.4.1. Зубчатая червячная передача.....	142
2.4.1.1. Скорость скольжения и степени точности в передаче.....	148
2.4.1.2. Материалы червячной пары.....	150
2.4.1.3. Виды разрушения зубьев червячных колес.....	151
2.4.2. Зубчатая коническая передача.....	152
Глава 3	
ПЕРЕДАЧИ С ГИБКОЙ СВЯЗЬЮ.....	160
3.1. РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	160
3.2. ПЛОСКОРЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА.....	161
3.2.1. Материалы и конструкция ремней.....	164
3.2.2. Шкивы плоскоременных передач.....	166
3.2.3. Геометрический расчет плоскоременной передачи.....	167
3.3. КЛИНОРЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА.....	170
3.3.1. Ремни для клиноременных передач.....	171
3.3.2. Шкивы клиноременных передач.....	174
3.3.3. Расчет основных геометрических параметров передачи.....	176
3.4. ПЕРЕДАЧИ ПОЛИКЛИНОВЫМИ РЕМНЯМИ.....	178
3.4.1. Расчет основных геометрических параметров передачи.....	180
3.5. ЗУБЧАТОРЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА.....	182
3.5.1. Ремни зубчатые.....	182
3.5.2. Шкивы зубчатые.....	183
3.5.3. Выбор параметров передачи и ее расчет.....	183
3.6. ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	186
3.6.1. Цепная передача с приводной роликовой цепью.....	186
3.6.1.1. Геометрический расчет цепной передачи.....	189
3.6.1.2. Силы в ветвях цепи.....	194
3.6.1.3. Нагрузка на валы звездочек.....	195
3.6.2. Цепная передача с зубчатой цепью.....	195
3.6.2.1. Зубчатые цепи.....	196
3.6.2.2. Материал зубчатых цепей.....	198
3.6.2.3. Звездочки зубчатых цепных передач.....	198
Глава 4	
КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ.....	202
4.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛЕЙ.....	202
4.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВАЛОВ И ОСЕЙ.....	204
4.2.1. Валы.....	204

4.2.2. Оси.....	206
4.2.3. Материалы валов и осей.....	207
4.3. ВАЛЫ-ШЕСТЕРНИ И ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА.....	211
4.3.1. Валы-шестерни.....	211
4.3.2. Зубчатые цилиндрические колеса.....	213
4.3.3. Сварные цилиндрические зубчатые колеса.....	218
4.3.4. Зубчатые конические колеса.....	220
4.3.5. Червячные колеса и червяки.....	220
4.4. ЗВЕЗДОЧКИ ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ.....	222
4.5. ШКИВЫ ПЛОСКОРЕМЕННЫХ И КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ.....	224
4.5.1. Шкивы плоскоремennых передач.....	224
4.5.2. Шкивы клиноремennых передач.....	227
4.6. ШКИВЫ ЗУБЧАТОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ.....	230
4.7. КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СКОРОСТЕЙ.....	231
4.7.1. Особенности зубчатого зацепления.....	231
4.7.2. Переключение зубчатых пар.....	234
4.8. КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ И СВАРНЫХ КОРПУСНЫХ И БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	237
4.8.1. Конструкция литого корпуса редуктора с развернутой (линейной) схемой компоновки.....	241
4.8.1.1. Конструкция крепления крышки к корпусу.....	243
4.8.1.2. Конструкция мест в корпусе редуктора для размещения концов валов с подшипниками.....	245
4.8.1.3. Конструкция основания корпуса.....	247
4.8.1.4. Конструкция корпуса редуктора со свернутой схемой компоновки.....	252
4.8.2. Конструкция сварного корпуса редуктора.....	254
4.8.3. Базовые детали.....	258
4.8.3.1. Конструкция литой базовой детали из чугуна.....	258
4.8.3.2. Конструкция сварной базовой детали.....	261
4.8.3.3. Конструкция направляющих скольжения.....	267
4.8.3.4. Конструкция направляющих качения.....	274
4.8.3.5. Направляющие жидкостного трения. Гидродинамические направляющие.....	278
4.8.3.6. Гидростатические направляющие.....	280
4.8.3.7. Конструкция литой плиты.....	282
4.8.3.8. Конструкция сварной рамы.....	286
Глава 5	
ПОДШИПНИКИ И МУФТЫ.....	293

5.1. ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ.....	293
5.1.1. Свойства подшипников.....	293
5.1.2. Неразъемные подшипники.....	295
5.1.3. Разъемные подшипники.....	297
5.1.4. Трение в опорах подшипников скольжения.....	298
5.1.5. Свойства смазочных материалов для подшипников скольжения.....	299
5.1.6. Способы подвода смазки.....	301
5.1.7. Конструкционные материалы для подшипников скольжения.....	302
5.1.8. Условия работы радиальных подшипников скольжения.....	305
5.1.9. Гидродинамические подшипники скольжения.....	312
5.1.9.1. Упорные гидродинамические подшипники.....	314
5.1.9.2. Расчет подпятников при жидкостном трении.....	316
5.1.10. Подшипники скольжения с газовой смазкой.....	317
5.1.10.1. Радиальные подшипники скольжения с газовой смазкой.....	318
5.1.10.2. Аэродинамические подшипники.....	321
5.1.10.3. Аэростатические подшипники.....	321
5.2. ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ.....	325
5.2.1. Свойства подшипников.....	325
5.2.2. Выбор подшипников качения.....	326
5.2.3. Предварительный натяг в опорах с подшипниками качения.....	328
5.2.4. Дуплексация подшипников.....	331
5.2.5. Установка подшипников на вал и в корпус.....	332
5.2.5.1. Конструкция мест вала и корпуса под шарикоподшипники.....	332
5.2.5.2. Конструкция мест вала и корпуса под роликовые подшипники.....	336
5.2.5.3. Установка подшипников качения на вал.....	337
5.2.5.4. Установка подшипников качения в корпус.....	338
5.2.6. Конструкции деталей под подшипники качения.....	345
5.2.6.1. Конструкция стаканов.....	345
5.2.6.2. Конструкция крышек и уплотнений для подшипников.....	348

5.2.6.3. Уплотнения манжетные резиновые армированные для валов.....	351
5.2.6.4. Войлочные уплотнения.....	354
5.2.6.5. Уплотнение кольцами из латуни, текстолита и графита.....	356
5.2.6.6. Уплотнение центробежного типа.....	357
5.2.6.7. Уплотнение круглым кольцом.....	359
5.2.6.8. Защита подшипников.....	360
5.2.6.9. Торцовые уплотнения.....	362
5.2.7. Крепление стаканов и крышек подшипников.....	362
5.2.7.1. Определение необходимой длины винта и глубины резьбового отверстия.....	363
5.2.7.2. Размеры винта.....	364
5.2.8. Установка зазоров в подшипниках.....	366
5.2.9. Выбор способов смазки и смазки для подшипников качения.....	368
5.2.9.1. Жидкие смазочные материалы для подшипниковых узлов.....	370
5.2.9.2. Пластичные смазки для подшипников качения.....	371
5.2.9.2.1. Рекомендации по применению основных типов пластичных смазок.....	371
5.2.9.2.2. Указания по выбору пластичной смазки.....	379
5.3. МУФТЫ.....	381
5.3.1. Муфты соединительные.....	383
5.3.1.1. Жесткие муфты.....	383
5.3.1.2. Компенсирующие самоустанавливающиеся муфты.....	384
5.3.1.3. Упругие муфты.....	385
5.3.2. Сцепные муфты.....	391
5.3.2.1. Кулачковые сцепные муфты.....	391
5.3.2.2. Фрикционные сцепные муфты.....	393
5.3.3. Обгонные и центробежные муфты.....	395
5.3.4. Шарнирные муфты.....	398
5.3.5. Предохранительные муфты.....	400
Глава 6	
СБОРКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МАШИН.....	404
6.1. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ.....	404
6.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ СТАЦИОНАРНОЙ СБОРКИ.....	406

6.2.1. Прессы.....	409
6.2.2. Станочное оборудование.....	410
6.2.3. Инструмент для сборки и разборки соединений.....	410
6.2.4. Слесарные и слесарно-пригоночные работы.....	412
6.3. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ДЛЯ ПОДВИЖНОЙ СБОРКИ.....	413
6.3.1. Рольганги.....	413
6.3.2. Тележки.....	415
6.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ.....	415
6.4.1. Методы сборки.....	416
6.4.2. Испытания.....	421
6.5. СБОРКА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	422
6.5.1. Сборка и разборка болтовых соединений.....	423
6.5.1.1. Подготовка к сборке.....	423
6.5.1.2. Сборка болтовых соединений.....	423
6.5.1.3. Стопорные устройства для резьбовых крепежных соединений.....	426
6.5.1.4. Разборка болтового соединения.....	428
6.5.1.5. Подготовка к сборке других резьбовых соединений.....	430
6.5.1.6. Постановка контрольных штифтов.....	431
6.5.2. Сборка и разборка соединений на шпильках.....	432
6.6. СБОРКА ВАЛОВ, ОСЕЙ И МУФТ.....	435
6.7. СБОРКА ШПОНОЧНЫХ, ШЛИЦЕВЫХ И КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	440
6.7.1. Сборка шпоночных соединений.....	440
6.7.2. Сборка шлицевых соединений.....	442
6.7.3. Сборка конических соединений.....	445
6.8. СБОРКА ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ.....	446
6.8.1. Сборка зубчатых передач.....	446
6.8.1.1. Контроль на биение.....	447
6.8.1.2. Параллельность расположения осей подшипников.....	449
6.8.1.3. Боковой зазор.....	450
6.8.1.4. Общая сборка зубчатых передач.....	451
6.8.1.5. Сборка конических зубчатых передач.....	453
6.8.1.6. Приработка зубчатых передач.....	456
6.8.2. Сборка червячных передач.....	457
6.8.2.1. Особенности сборки червячных передач.....	460

6.9. СБОРКА РЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ.....	462
6.10. СБОРКА ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ.....	466
6.10.1. Технические требования, предъявляемые к сборке цепных передач.....	470
6.11. СБОРКА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ.....	470
6.11.1. Сборка неразъемных подшипников скольжения.....	471
6.11.1.1. Запрессовка втулок.....	472
6.11.1.2. Закрепление втулок.....	474
6.11.1.3. Проверка подшипников.....	475
6.11.2. Сборка разъемных подшипников скольжения.....	476
6.11.2.1. Сборка разъемных подшипников скольжения для многоопорного вала.....	480
6.12. МОНТАЖ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ.....	486
6.12.1. Основные приемы монтажа подшипников.....	487
6.12.2. Посадки подшипников на вал и в корпус.....	490
6.12.3. Установка конических роликоподшипников.....	492
6.12.4. Регулировка зазоров в подшипниках.....	492
6.12.5. Дуплексация подшипников.....	499
6.12.6. Монтаж игольчатых подшипников.....	502
6.12.7. Стаканы.....	503
6.12.8. Крышки и уплотнения.....	505
6.12.9. Смазка подшипников.....	508
6.13. БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ.....	510
6.14. ИСПЫТАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕ СБОРКИ.....	518
6.14.1. Испытания электрооборудования после сборки.....	519
6.14.2. Испытания станка (технологической машины) по нормам на технологическую и геометрическую точность и жесткость.....	521
Глава 7	
УСЛОВИЯ ТРУДА ПРИ СБОРОЧНЫХ РАБОТАХ.....	524
7.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ.....	524
7.2. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТРУДА.....	525
7.3. БЕЗОПАСНЫЕ УСЛОВИЯ ТРУДА.....	529
7.4. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ.....	532
Список рекомендуемой литературы.....	534