

А

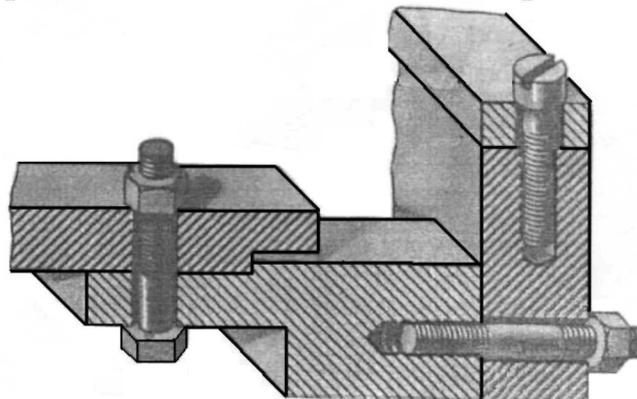
Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО “Сибирский государственный технологический  
университет”

## Детали машин и прикладная механика

### СОЕДИНЕНИЯ

Учебное пособие

к практическим занятиям, к выполнению расчетно-графических и  
курсовых работ для студентов по направлениям  
151000.62 “Технологические машины и оборудование”,  
190100.62 “Наземные транспортно - технологические машины и  
комплексы”,  
220700.62 “Автоматизация технологических процессов и  
производств”,  
221700.62 “Стандартизация и метрология”,  
240100.62 “Химическая технология”,  
250400.62 “Технология лесозаготовительных и  
деревоперерабатывающих производств”,  
280700.62 “Техносферная безопасность”  
очной, очной сокращенной, заочной, заочной сокращенной форм обучения



Красноярск  
2014

А

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**ФГБОУ ВПО “Сибирский государственный технологический**  
**университет”**

## **Детали машин и прикладная механика**

### **СОЕДИНЕНИЯ**

Учебное пособие к практическим занятиям, к выполнению расчетно-графических и курсовых работ для студентов по направлениям 151000.62 “Технологические машины и оборудование” профилей подготовки: “Оборудование нефтегазопереработки”, “Машины и аппараты пищевых производств”, “Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств”, “Машины и оборудование лесного комплекса”; 190100.62 “Наземные транспортно-технологические машины и комплексы” профилей подготовки: “Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды”, “Машины и оборудование для садово – паркового и ландшафтного строительства”; 220700.62 “Автоматизация технологических процессов и производств” профиля подготовки: “Автоматизация технологических процессов и производств”; 221700.62 “Стандартизация и метрология” профиля подготовки: “Стандартизация и сертификация”; 240100.62 “Химическая технология” профилей подготовки: “Химическая технология переработки древесины”, “Химическая технология органических веществ”, “Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов”, “Технология и переработка полимеров”; 250400.62 “Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств” профилей подготовки: “Лесоинженерное дело”, “Технология деревообработки”; 280700.62 “Техносферная безопасность” профиля подготовки: “Безопасность жизнедеятельности в техносфере” очной, очной сокращенной, заочной, заочной сокращенной форм обучения

Красноярск  
2014

Детали машин и прикладная механика. Соединения: учебное пособие к практическим занятиям, к выполнению расчетно-графических и курсовых работ для студентов по направлениям 151000.62 “Технологические машины и оборудование”, 190100.62 “Наземные транспортно - технологические машины и комплексы”, 220700.62 “Автоматизация технологических процессов и производств”, 221700.62 “Стандартизация и метрология”, 240100.62 “Химическая технология”, 250400.62 “Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств”, 280700.62 “Техносферная безопасность” очной, очной сокращенной, заочной, заочной сокращенной форм обучения / А.М. Меньшиков, В.Г. Межов, Е.А. Рогова.– Красноярск: СибГТУ, 2013. - 112с.

Учебное пособие предназначено для практических занятий, выполнения расчетно-графических и курсовых работ по дисциплинам: детали машин, механика, прикладная механика, техническая механика, основы проектирования, включает в себя общие сведения, классификацию, расчет основных разъемных и не разъемных соединений.

Пособие оснащено справочным материалом для выполнения расчетов, примерами расчетов соединений, контрольными вопросами и заданиями для самостоятельного решения.

Одобрено и рекомендовано к печати редакционно-издательским советом СибГТУ.

Рецензент: (секция методического совета СибГТУ)

© А.М. Меньшиков, В.Г. Межов, Е.А. Рогова 2014

© ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», 2014

## Содержание

Введение	4
1 Разъемные соединения деталей	
1.1 Резьбовые соединения и их виды	6
1.1.1 Общие сведения	6
1.1.2 Классификация резьбовых соединений	10
1.1.3 Основные геометрические параметры резьбы	14
1.1.4 Расчет резьбы	15
1.1.5 Распределение нагрузки между витками резьбы	18
1.1.6 Расчет на прочность резьбовых соединений	19
1.2 Шпоночные соединения	
1.2.1 Общие сведения	39
1.2.2 Расчет призматической шпонки	40
1.2.3 Сегментные шпонки	44
1.3 Шлицевые соединения	47
1.4 Штифтовые соединения	52
2 Неразъемные соединения	
2.1 Сварные соединения	56
2.1.1 Общие сведения	56
2.1.2 Основные способы сварки	58
2.1.3 Сварочные материалы для дуговой сварки	61
2.1.4 Электроды для ручной дуговой сварки	61
2.1.5 Электродные проволоки для дуговой сварки под флюсом и в среде защитных газов	64
2.1.6 Условные обозначения швов сварных соединений	64
2.1.7 Сварные соединения и швы	68
2.1.8 Расчет прочности сварных соединений	69
2.2 Заклепочные соединения	
2.2.1 Общие сведения	88
2.2.2 Классификация заклепочных швов	89
2.2.3 Расчет прочности заклепочных швов	91
Библиографический список	97
Приложение А (справочное). Перечень ключевых слов	98
Приложение Б (справочное). Словарь терминов	99
Приложение В (обязательное). Задания для самостоятельного решения	100

## Введение

Соединения деталей – конструктивная реализация составления деталей для образования из них частей машины. Под соединениями в машиностроении понимают соединительные детали и прилегающие к ним части соединяемых деталей. С точки зрения общности расчетов все соединения делят на две большие группы: *неразъемные и разъемные* соединения.

Разъемные соединения могут быть разобраны и вновь собраны без разрушения деталей. Они могут быть как подвижными, так и неподвижными. Наиболее распространенными в машиностроении видами разъемных соединений являются: резьбовые, шпоночные, шлицевые, клиновые, штифтовые и профильные.

Неразъемные соединения деталей машин и строительных конструкций имеют две основные разновидности: заклепочные и сварные. Неразъемными эти соединения называют потому, что для их разборки необходимо разрушить соединительные элементы - заклепки, сварные швы.

Работоспособность соединения оценивается проверочными расчетами уже после конструктивной разработки соединений. Если выбранное соединение не удовлетворяет условиям работоспособности, то необходимо менять параметры соединения, его тип, либо вовсе переходить на другой способ соединения.

Проектирование соединений является очень ответственной задачей, поскольку большинство разрушений в машинах происходит именно в местах соединений.

Между тем из-за ограниченности времени аудиторных занятий этот раздел прорабатывается не на должном уровне. Поэтому данное методическое пособие составлено таким образом, чтобы студенты смогли в процессе самостоятельной работы изучить конструктивное оформление соединений и методы их расчета.

Учебное пособие позволяют более полно применить методы расчета и конструирования рассматриваемых соединений при решении практических задач. Поэтому освоение навыков расчета соединений очень важно для будущих инженеров.

Количество задач для выполнения домашних расчетно-графических работ и самостоятельной работы студентами определяется преподавателем для каждой конкретной специальности.

Рекомендуется задачи решать в буквенном выражении. Подстановку числовых значений следует производить в конце решения и в том порядке, в каком стояли буквенные обозначения в расчетной формуле, строго

соблюдая правила размерности. Затем записывать результаты вычислений с указанием размерности.

Данное пособие поможет овладеть следующими профессиональными компетенциями:

- умеет применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения;
- способен принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- способен осуществлять информационный поиск по отдельным агрегатам и системам объектов исследования;
- способен участвовать в осуществлении поверки основных средств измерений при производстве и эксплуатации наземных транспортно-технологических машин;
- быть способным и готовым использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов разрабатываемых средств измерений, испытаний и контроля в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений;
- обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;
- налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования;
- готовностью обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов и изделий; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;
- способностью разрабатывать проекты изделий с учетом физико-механических, технологических, эстетических, экономических параметров;
- способностью принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива;
- способностью использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности.

# 1 Разъемные соединения деталей

## 1.1 Резьбовые соединения и их виды

### 1.1.1 Общие сведения

Основным элементом резьбового соединения является резьба. Резьбой называют винтовую линию определённого профиля сечения, нанесённую на цилиндрическую или коническую поверхность деталей. Расположенные между канавками выступы называют витками резьбы. Под витком резьбы принято называть ту часть ее выступа, которая охватывает резьбовую деталь в пределах до  $360^{\circ}$ . Выступ резьбы, охватывающий резьбовую деталь свыше одного раза, принято называть ниткой резьбы.

Резьбовые соединения являются самым распространенным видом соединений вообще и разъемных в частности.

В современных машинах детали, имеющие резьбу, составляют свыше 60% от общего количества деталей. Широкое применение резьбовых соединений в машиностроении объясняется их достоинствами: универсальностью, высокой нагрузочной способностью и надежностью, малыми габаритами и весом крепежных резьбовых деталей, способностью создавать и воспринимать большие осевые силы, технологичностью и возможностью точного изготовления.

Недостатки резьбовых деталей: значительная концентрация напряжений в местах резкого изменения поперечного сечения, что снижает их сопротивление усталости при переменных нагрузках и низкий КПД подвижных резьбовых соединений.

Резьбовые соединения выполняют с помощью крепежных деталей: болтов, винтов, шпилек и гаек (рисунок 1). Кроме того, применяются резьбовые соединения деталей, на одной из которых нарезана наружная резьба, а на другой – внутренняя.

Болт представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для гайки на одном конце и с головкой – на другом.

В зависимости от точности изготовления различают болты с нормальной и повышенной точностью. Болты с нормальной точностью наиболее распространены в машиностроении. В этих болтах чистовой обработке подлежат только опорная поверхность головки болта и торец стержня. Болты повышенной точности имеют чистовую обработку всех поверхностей головки и стержня. Их применяют в особо ответственных случаях.

К специальным болтам относятся: фундаментные, применяемые для прикрепления машин к фундаменту; конические, служащие для предотвращения взаимного сдвига соединяемых деталей, и др.

Основным преимуществом болтового соединения является то, что оно не требует выполнения резьбы в соединяемых деталях и исключена необходимость замены и ремонта дорогостоящих корпусных деталей из-за повреждения резьбы.

Винты используются для разъёмного соединения механизмов (крепежные винты) или их точного закрепления относительно друг друга (установочные винты). Эта деталь представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одной стороне и резьбой на другой.

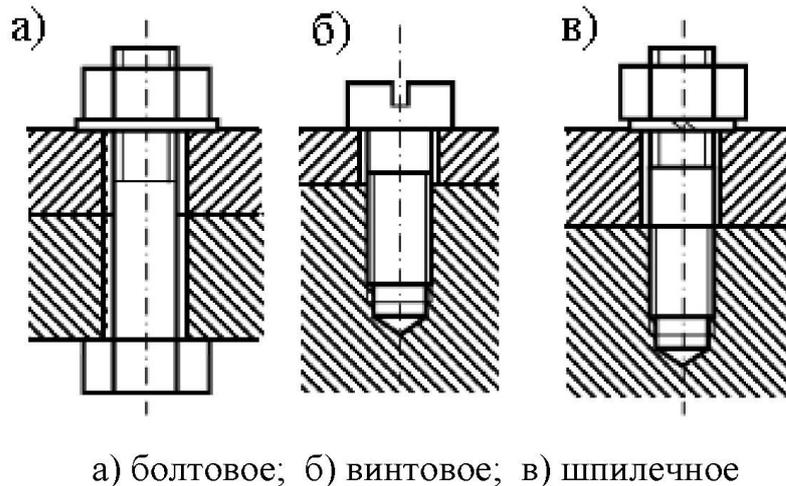
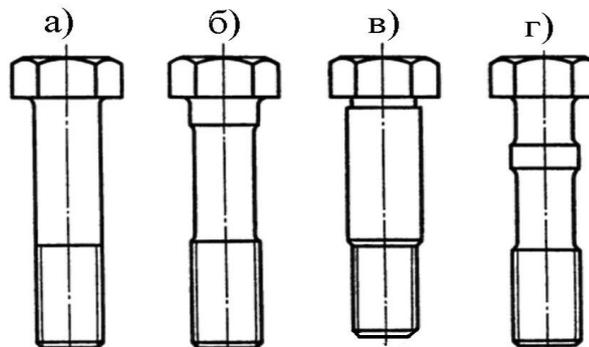


Рисунок 1- Основные типы крепежных резьбовых соединений

Применяются, когда деталь большой толщины не позволяет выполнить сквозное отверстие для установки болта.

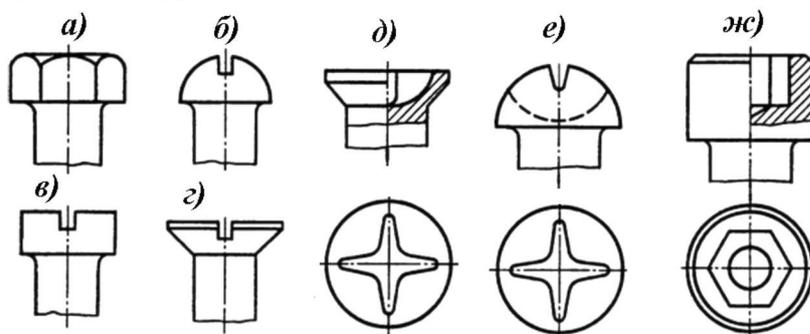
В зависимости от формы стержня (рисунок 2) болты и винты бывают: с нормальным стержнем (а), с подголовком (б), с утолщенным тонко обработанным стержнем для постановки без зазора в развернутое отверстие (в), со стержнем уменьшенного диаметра нарезанной части для повышения упругой податливости и выносливости при переменных нагрузках (г).



а) - с нормальным стержнем, б) - с подголовком, в) - с утолщенным стержнем, г) - со стержнем уменьшенного диаметра нарезанной части

Рисунок 2 – Формы стержня болтов и винтов

В зависимости от формы головки (рисунок 3) болты и винты бывают: с шестигранными (а), полукруглыми (б, е), цилиндрическими (в, ж), потайными (г, д), и другими головками.



а) – шестигранная; б), е) – полукруглая; в), ж) – цилиндрическая; г), д) – потайная

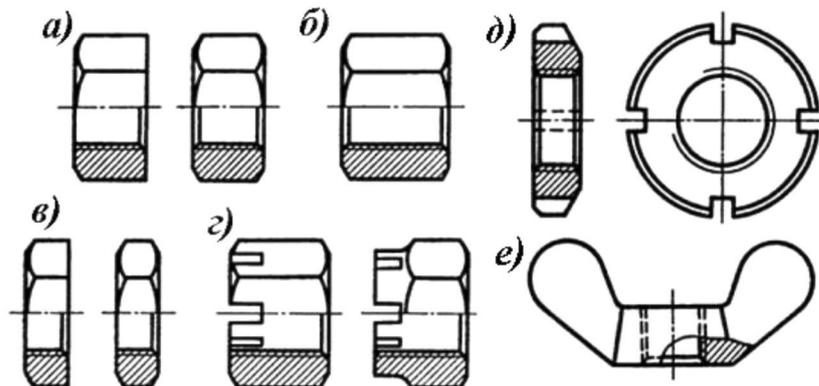
Рисунок 3 – Формы головок болтов и винтов

Болты и винты с шестигранными головками применяются чаще других, т.к. они допускают большую силу затяжки и требуют небольшого поворота ключа до перехвата.

Гайки представляют собой крепёжную деталь, содержащую отверстие с нарезанной резьбой, которая служит для разъёмного соединения деталей. В зависимости от высоты шестигранные гайки (рисунок 4) бывают

нормальные а), высокие б) и низкие в). Высокие гайки применяют при частых разборках и сборках для уменьшения износа резьб и обмятия граней гайки ключом.

В зависимости от точности изготовления гайки аналогично болтам бывают нормальной и повышенной точности.



а) - нормальная, б) - высокая, в) - низкая, г) - корончатая, д) - круглая, е) - гайка – барашек

Рисунок 4 – Конструктивное исполнение гаек