

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации  
Кафедра № 24 - «Авиационной техники»

# Особенности ремонта и сборки резьбовых соединений

Санкт-Петербург  
2008

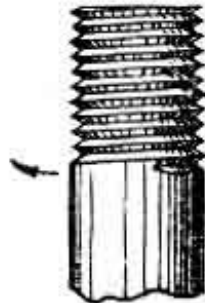
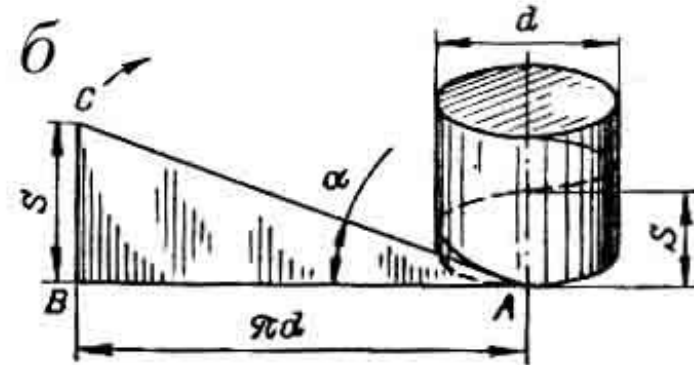
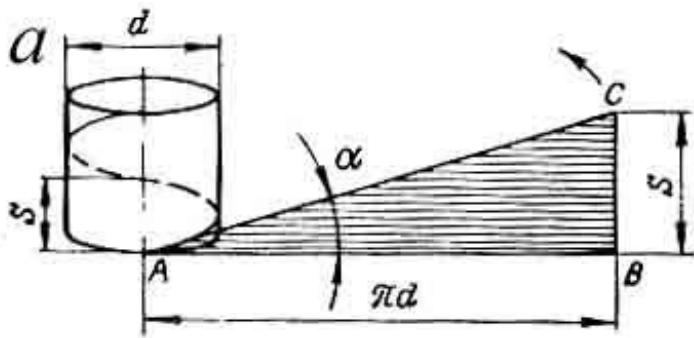


Рис. Схемы образования правой (а) и левой (б) резьб

**Резьба** – винтовая поверхность, образованная на телах вращения; применяется как средство соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин, механизмов, приборов, аппаратов, сооружений.

Винтовая линия (рис. , а) получена в результате вращения прямоугольного треугольника против часовой стрелки. Такая линия поднимается по цилиндру слева направо и потому называется правой винтовой линией. Вращаясь по часовой стрелке, треугольник описывает левую винтовую линию (рис. , б).  
 В машиностроении чаще всего применяются правые резьбы..

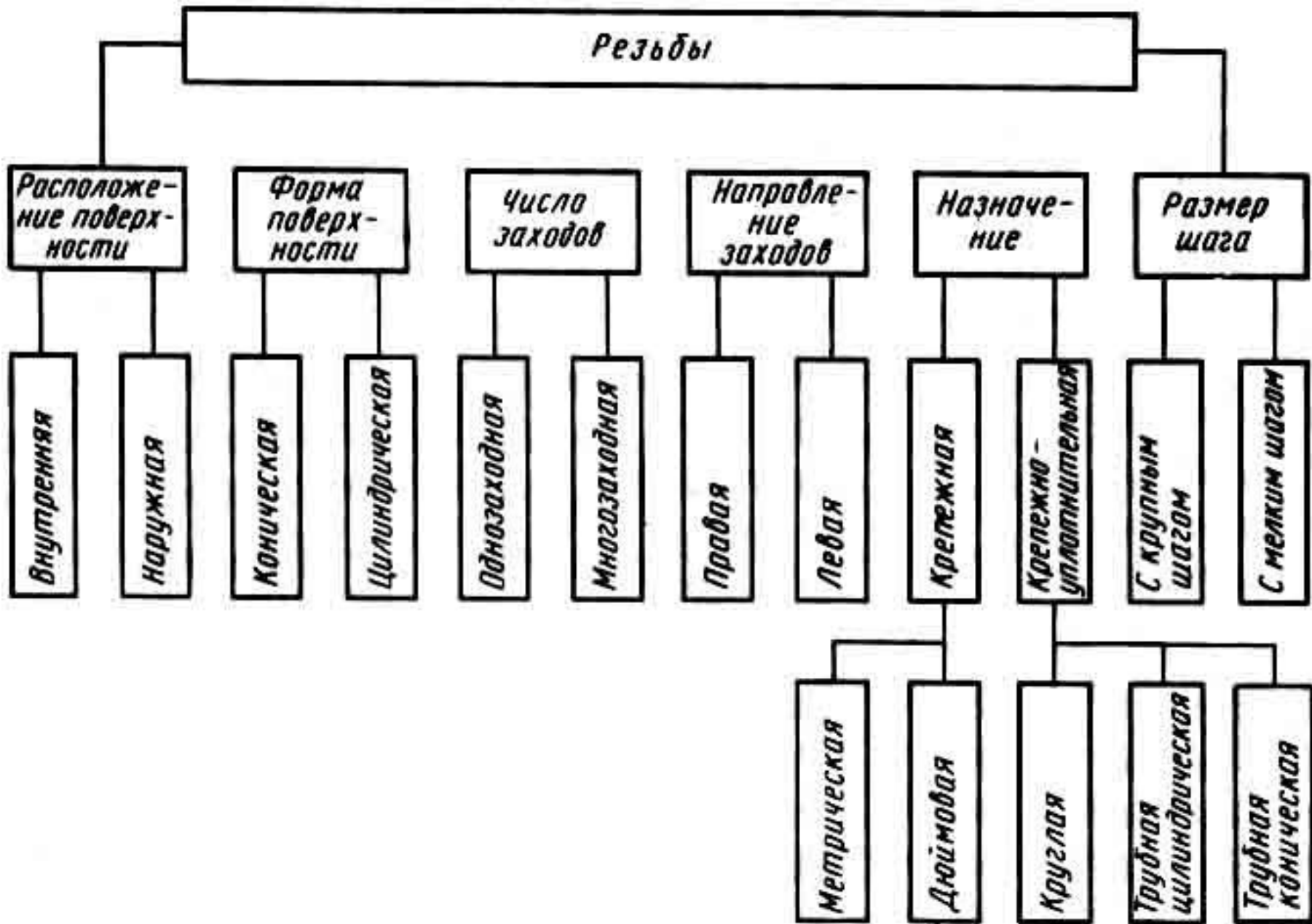
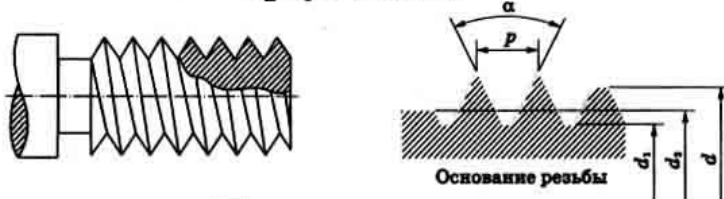


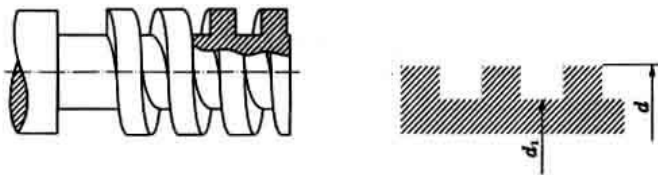
Рис. Классификация резьб

## ТИПЫ РЕЗЬБ

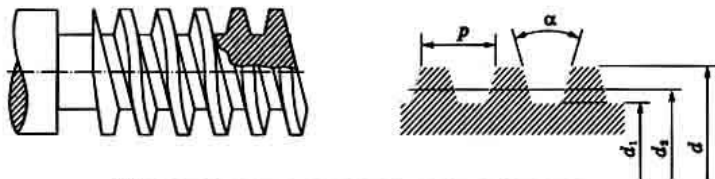
Треугольная



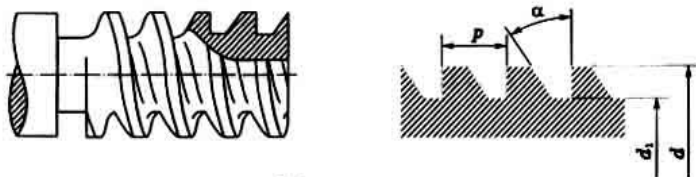
Прямоугольная



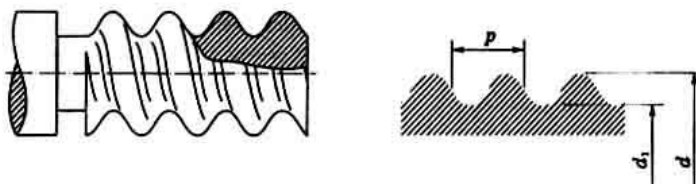
Тrapeцеидальная



Тrapeцеидальная упорная



Круглая



Основные элементы резьбы считают:

**Профиль резьбы** – вид сечения резьбы в плоскости диаметра.

**Угол профиля** – угол между соседними гранями профиля;

**Шаг резьбы ( $P$ )** – расстояние между соседними гранями профиля;

**Наружный диаметр** резьбы ( $d$ ) – диаметр по вершинам резьб у болтов и по основаниям (впадинам) у гаек;

**Внутренний диаметр** резьбы ( $d_1$ ) – условный диаметр по впадинам резьбы у болтов и по вершинам у гаек;

**Средний диаметр** ( $d_2$ ) – условный диаметр цилиндра, делящего грани профиля по высоте на равные отрезки;

**Резьбовое соединение** – соединение деталей при помощи резьбы.

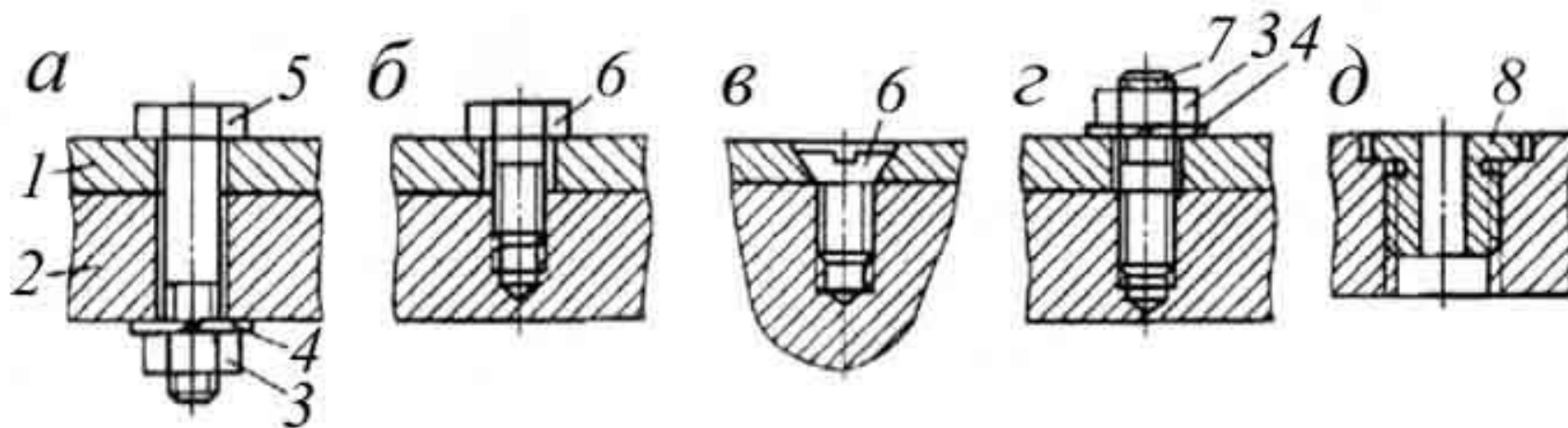
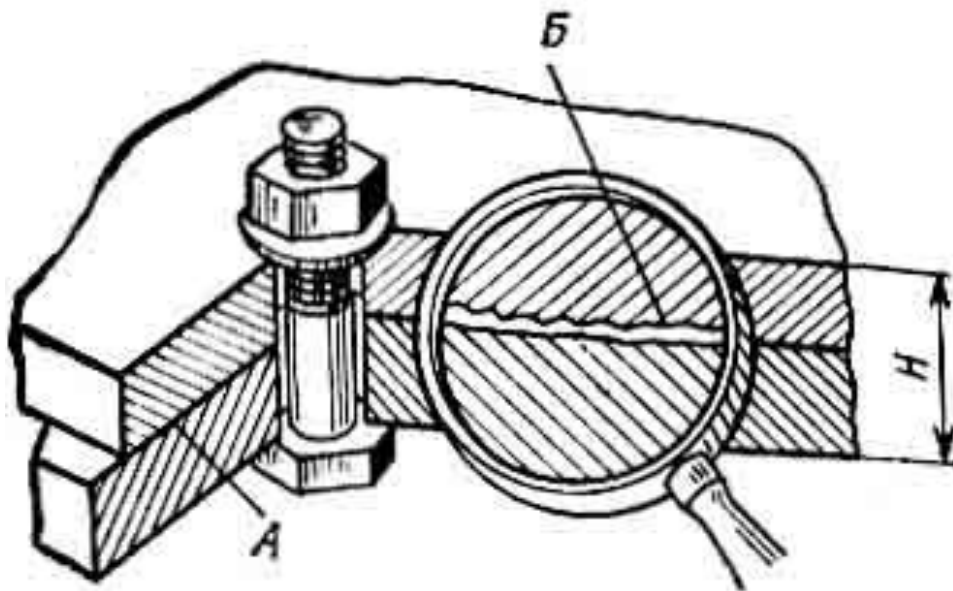


Рис. **Типовые резьбовые соединения:**

1, 2 – соединяемые детали; 3 – гайка; 4 – пружинное кольцо; 5 – болт;  
6 – винт; 7 – шпилька; 8 – резьбовая втулка

Резьбовые соединения являются одними из распространенных. Это обусловлено их простотой, высокой прочностью, надежностью, удобством сборки и разборки, наличием многообразия типовых стандартных резьбовых деталей и взаимозаменяемостью.



**Рис. Схема типового  
резьбового соединения:**

*А* – поверхности сопряжения  
соединяемых деталей;

*Б* – гребешки шероховатости  
поверхности;

*Н* – толщина пакета при затяжке  
соединения

В состав резьбового соединения кроме двух резьбовых деталей могут входить соединяемые и стопорящие детали.

С помощью резьб получают неподвижные соединения с точной фиксацией относительного расположения соединяемых деталей, а также подвижные, предназначенные для преобразования вращательного движения в поступательное или для создания значительных осевых усилий.

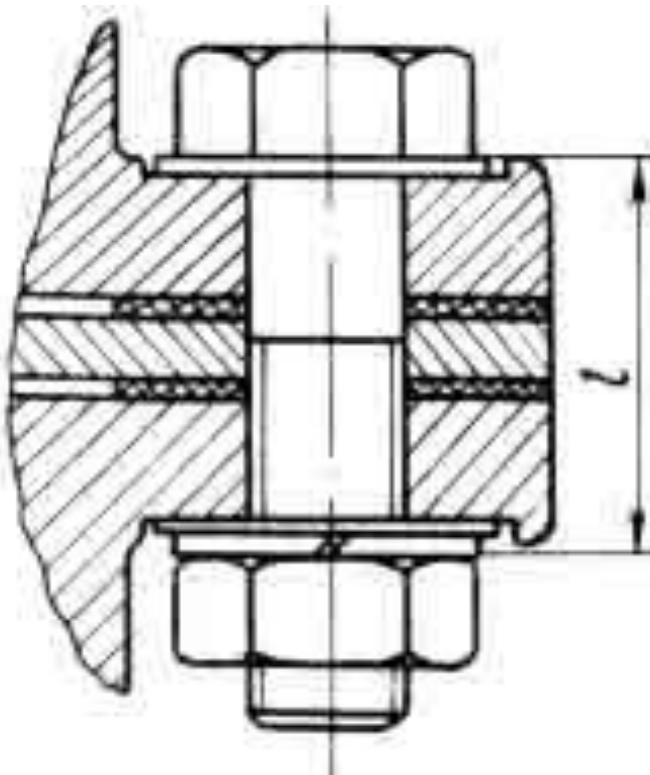


Рис. Прочно-плотное резьбовое соединение

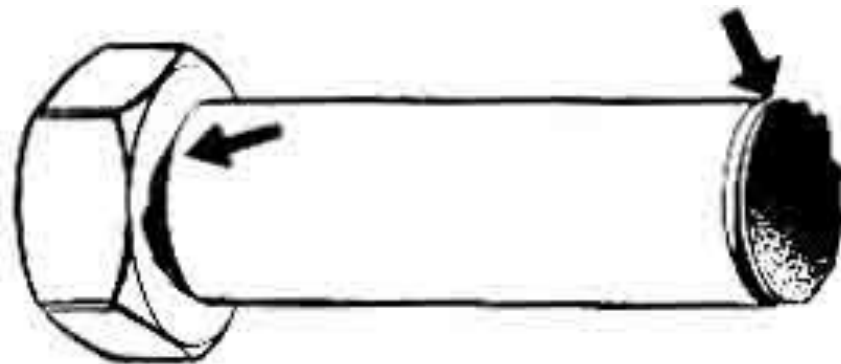
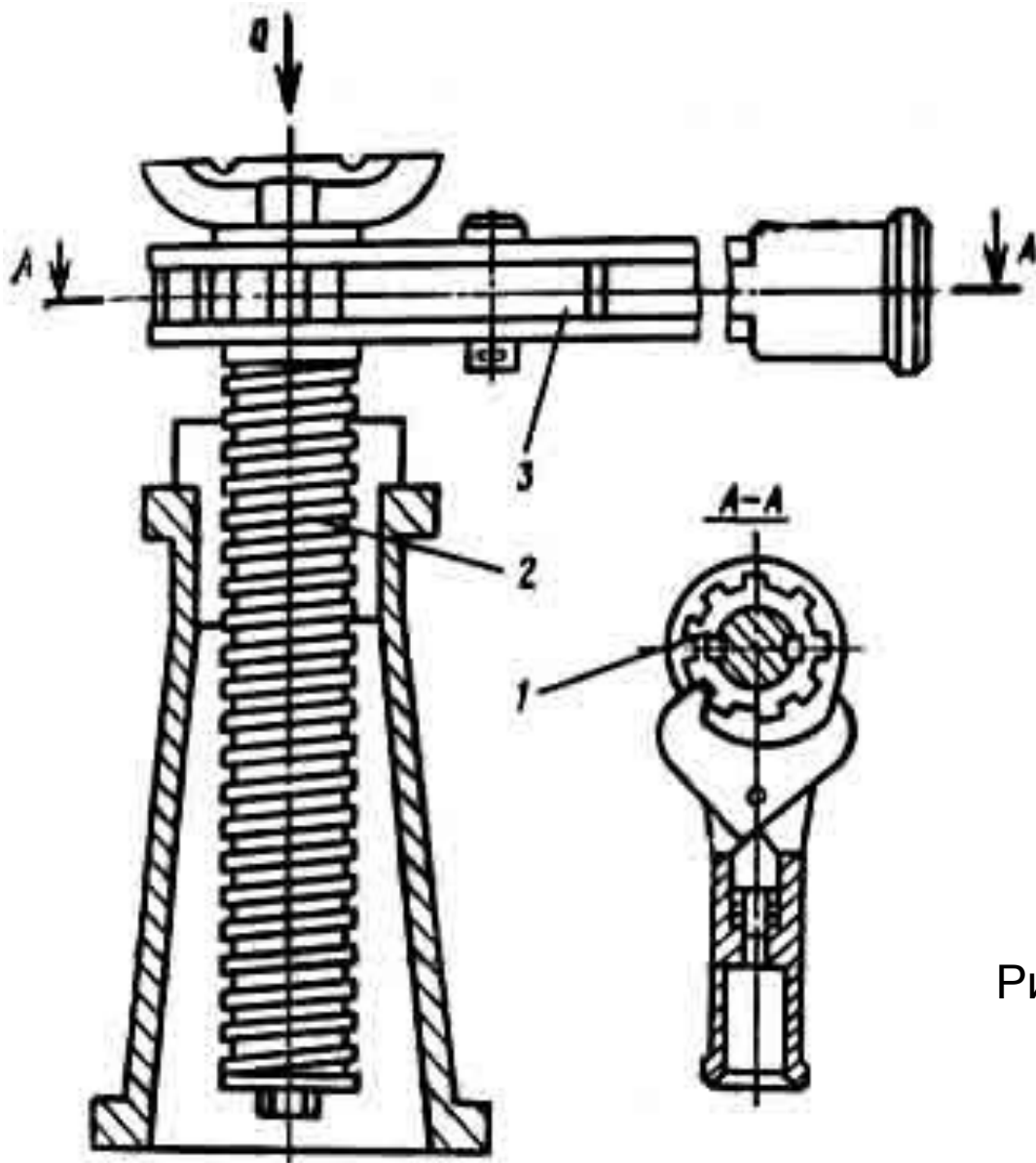


Рис. Пример разрушения болта по последней нитке резьбы и трещины у основания головки

Другими словами, резьбовые соединения также образуют действующие механизмы (винтовой пресс, винтовой съёмник, домкрат, винтовой подъёмник стабилизатора, уборки выпуска закрылков, предкрылков и др.)





Домкраты –  
устройства,  
предназначенные для  
подъема опускания, а  
также для  
горизонтального  
перемещения  
монтируемых  
изделий.

Рис. **Винтовой домкрат:**

- 1 – трещетка;
- 2 – винт;
- 3 – рукоятка;

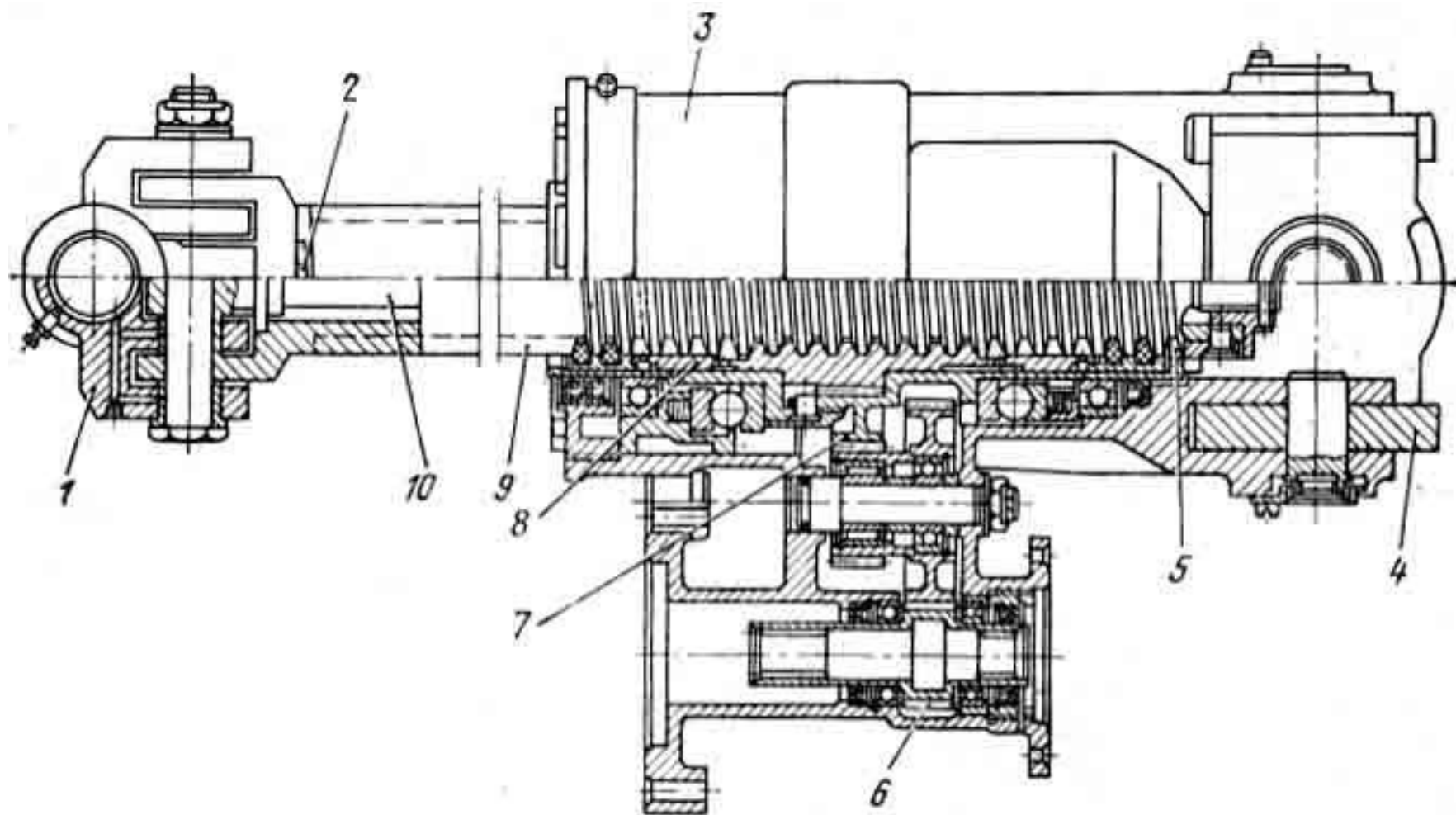


Рис. **Подъемник стабилизатора самолета Ту-154:**  
1, 4 – карданные узлы; 2, 5 – упоры; 3 – корпус; 6 – ведущая шестерня; 7 – ведомая шестерня; 8 – гайка; 9 – винт; 10 - стержень

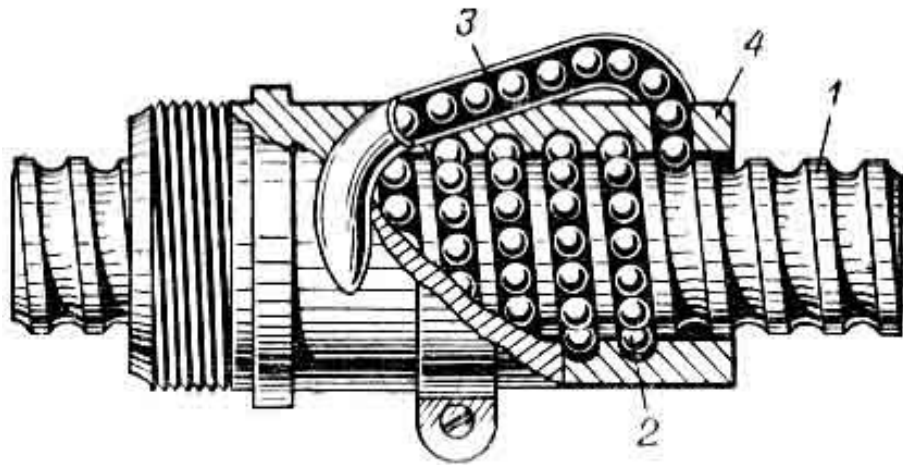


Рис. **Винтовая шариковая передача:**  
 1 – шариковый винт; 2 – поток шариков; 3 –  
 круглый трубчатый канал; 4 – гайка

В точных машинах (например винтовых подъемниках предкрылков самолета Ту-154) применяют шариковые винты. Профиль резьбы шарикового винта 1 и гайки 4 в осевом сечении полукруглый. Непрерывный замкнутый поток шариков 2 наполняет винтовое пространство по всей длине гайки. Пройдя его, шарики 2 переходят в круглый трубчатый канал 3 и возвращаются в винтовое пространство. Коэффициент полезного действия винтовой пары много выше, чем у обычной, вследствие снижения трения по резьбе (вместо трения скольжения трение качения).

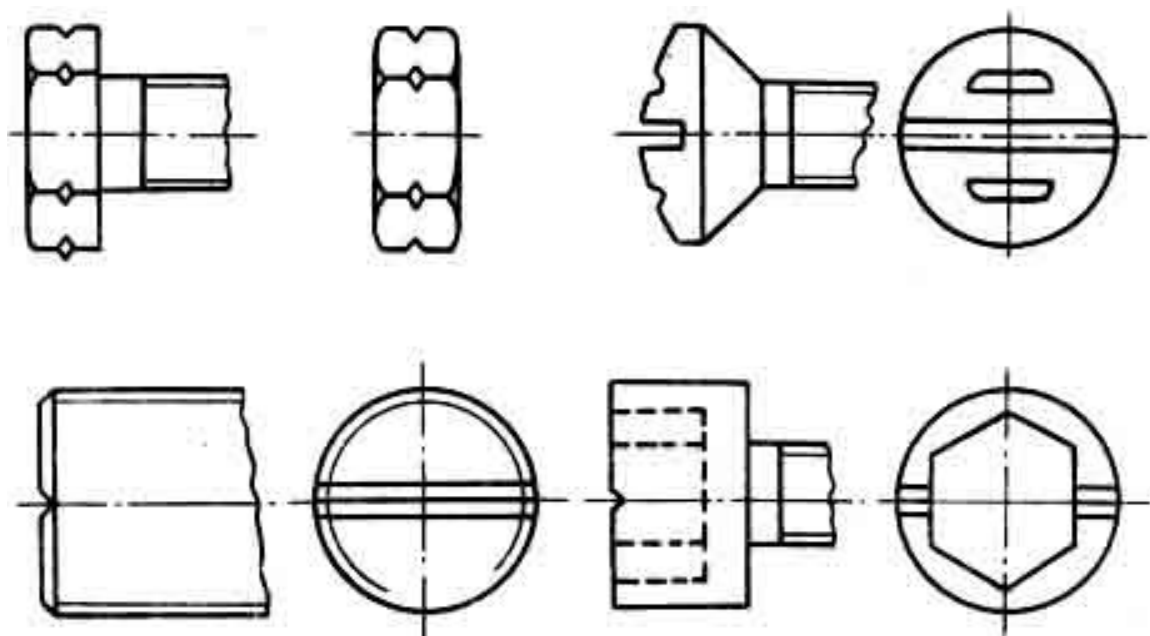


Рис. Метки на деталях с левой резьбой

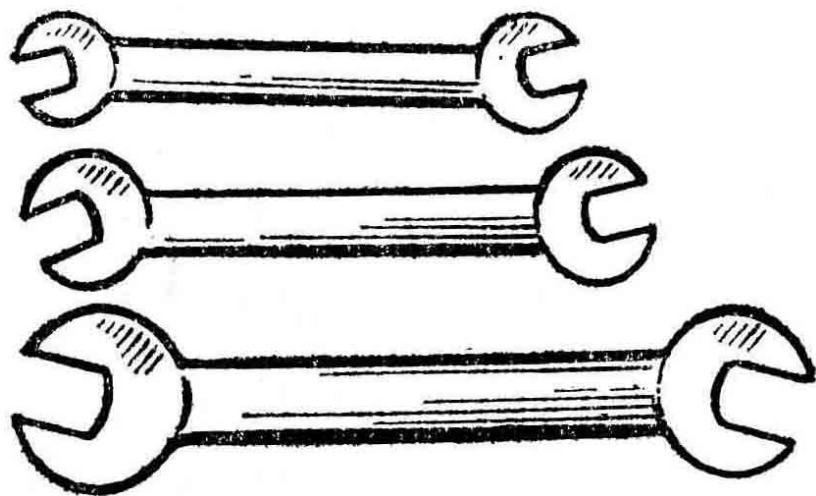
Еще до разборки необходимо выявить сопряжения с левой резьбой. На деталях с левой резьбой обычно ставят метки с буквой «Л». Общепринятыми являются метки, показанные на рис. .

Для разборки резьбовых соединений применяют инструмент ручной и механизированный.

К ручному инструменту относятся гаечные ключи следующих видов:

- с открытым зевом двусторонние (ГОСТ 2839-80);
- кольцевые двухсторонние коленчатые (накладные) (ГОСТ 2906-80);
- торцовые немеханизированные со сменными головками (ГОСТ 24372-80);
- специальные.

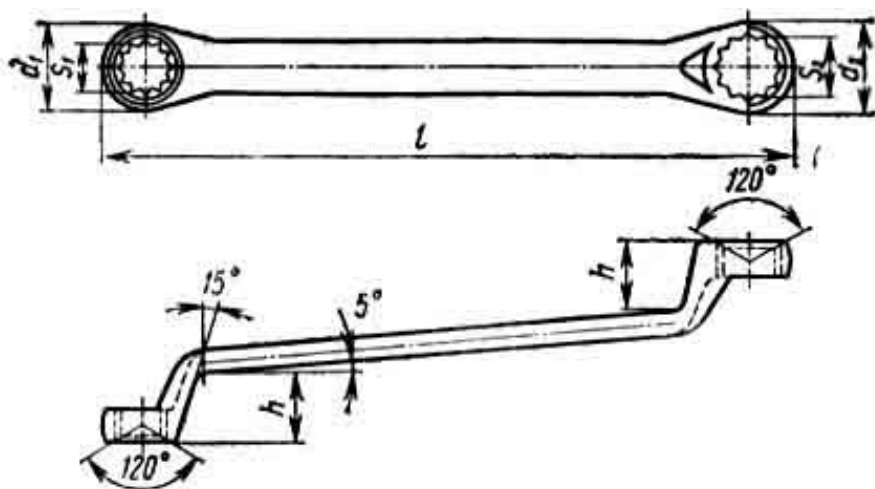
Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние групп прочности с *C* и *D* изготавливают из среднеуглеродистых сталей.



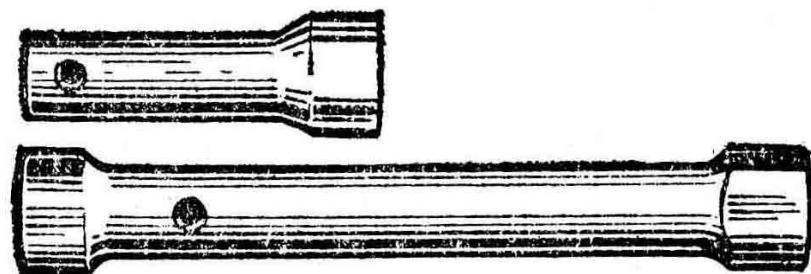
**Рис. Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние (ГОСТ 2839-80)**

Накладные ключи охватывают все грани гайки, что придает им большую жесткость и долговечность. Накладными ключами с 12-гранным зевом можно поворачивать на  $30^\circ$ , что является важным при работе в труднодоступных местах.

Торцовые ключи можно вращать, не переставляя с грани на грань, поэтому сокращается время на отвинчивание гайки по сравнению с открытыми гаечными ключами.



**Рис. Гаечные кольцевые двусторонние коленчатые ключи (ГОСТ 2906-80Е)**



**Рис. Гаечные торцовые ключи с внутренним шестигранником односторонние (ГОСТ 25787-83)**

Из специальных ключей при разборке применяют коловоротные ключи и ключи для круглых гаек. Коловоротные ключи рациональны для отвертывания болтов и гаек небольших размеров. Производительность труда может быть повышена в 2...5 раз.

Ключи для круглых шлицевых гаек изготавливают с наружными диаметрами от 12 до 250 мм.

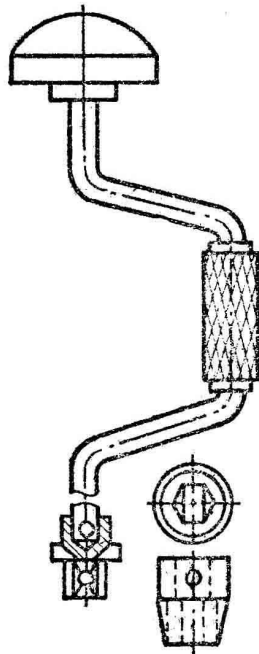


Рис. Гаечный ключ коловоротный

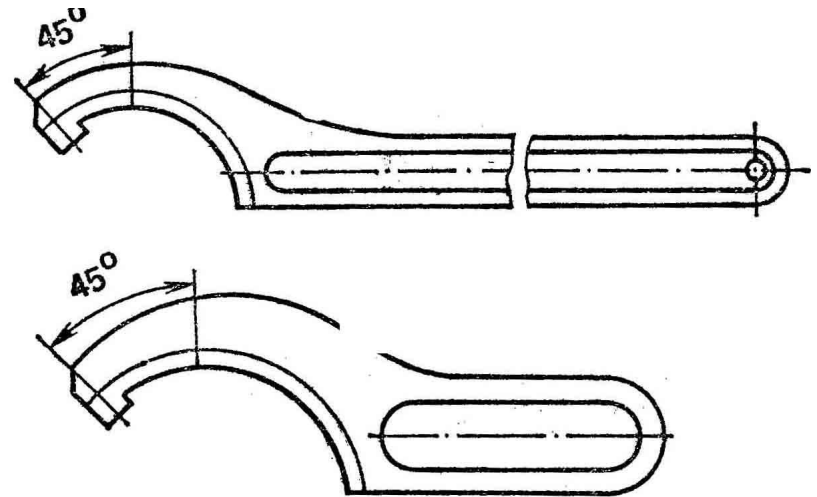
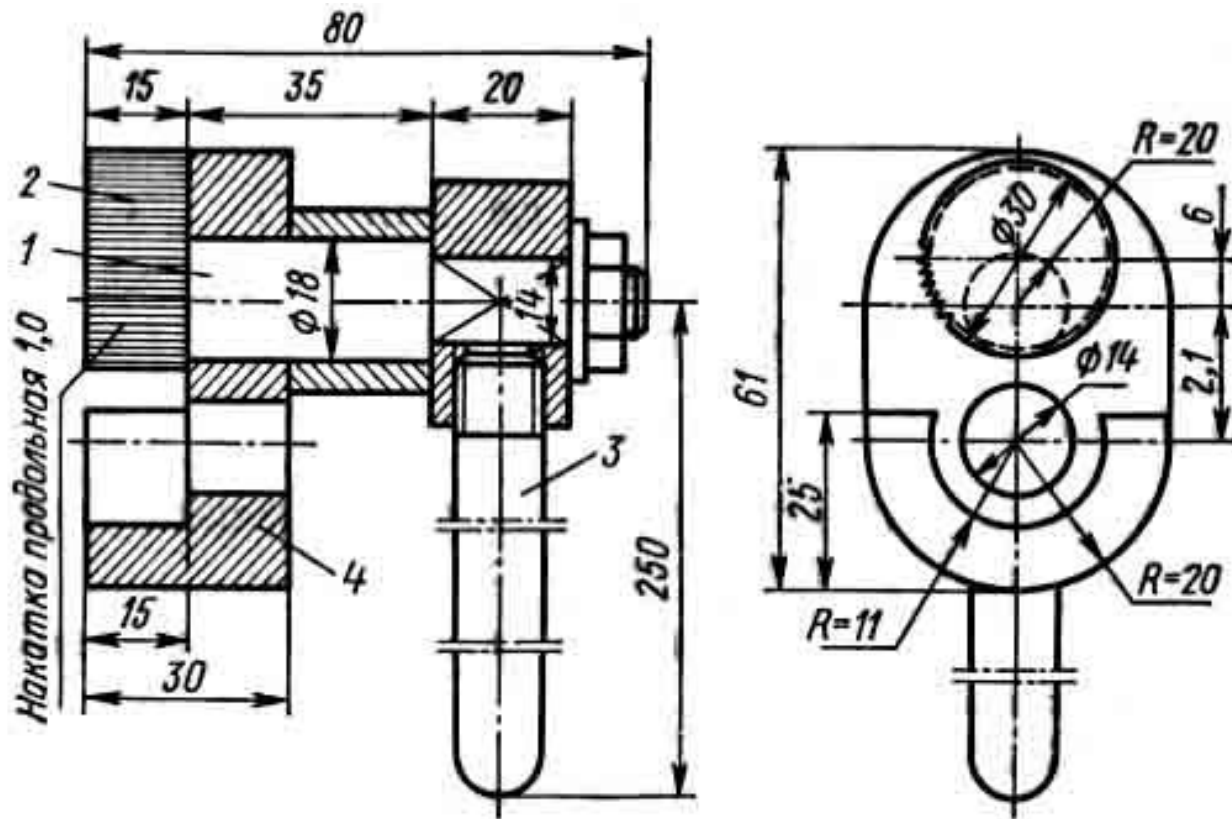


Рис. С-образные ключи для круглых шлицевых гаек (ГОСТ 16985-79Е)



Гайки с поврежденными гранями отвертывают специальным и ключами.

Рис. Специальный ключ для отвинчивания гаек с поврежденными гранями:

1 – валик; 2 – ролик; 3 – рукоятка; 4 - корпус



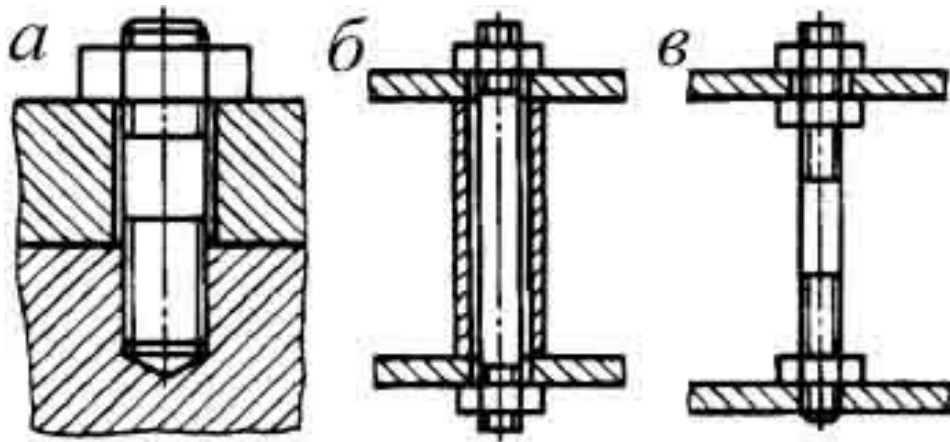


Рис. Соединения шпильками:

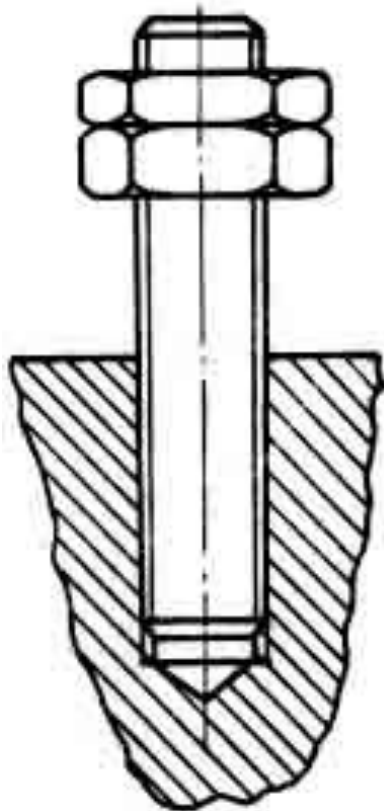
*a* – ввинчиванием шпильки в резьбовое отверстие корпусной детали;

*б* – для деталей с гладкими сквозными отверстиями;

*в* – схема регулирования расстояния между пластинами с помощью шпилек

**Шпилька** представляет собой цилиндрический стержень, имеющий резьбу на обоих концах или по всей длине.

Основным требованием, предъявляемым к ввинчиванию шпильки в отверстия корпусных деталей, является **обеспечение неподвижности и устойчивости соединения шпильки с корпусом**, при котором исключается страгивание и поворот шпильки в резьбовом отверстии при затяжке или отвертывании гайки, а также возможность произвольного ее вывертывания в процессе эксплуатации соединения (изделия).



Правильно поставленная шпилька в отверстии должна сидеть плотно и при отвинчивании гайки не должна вывинчиваться из детали.

**Рис. Схема завинчивания и вывинчивания шпилек с помощью двух гаек (контргайкой)**

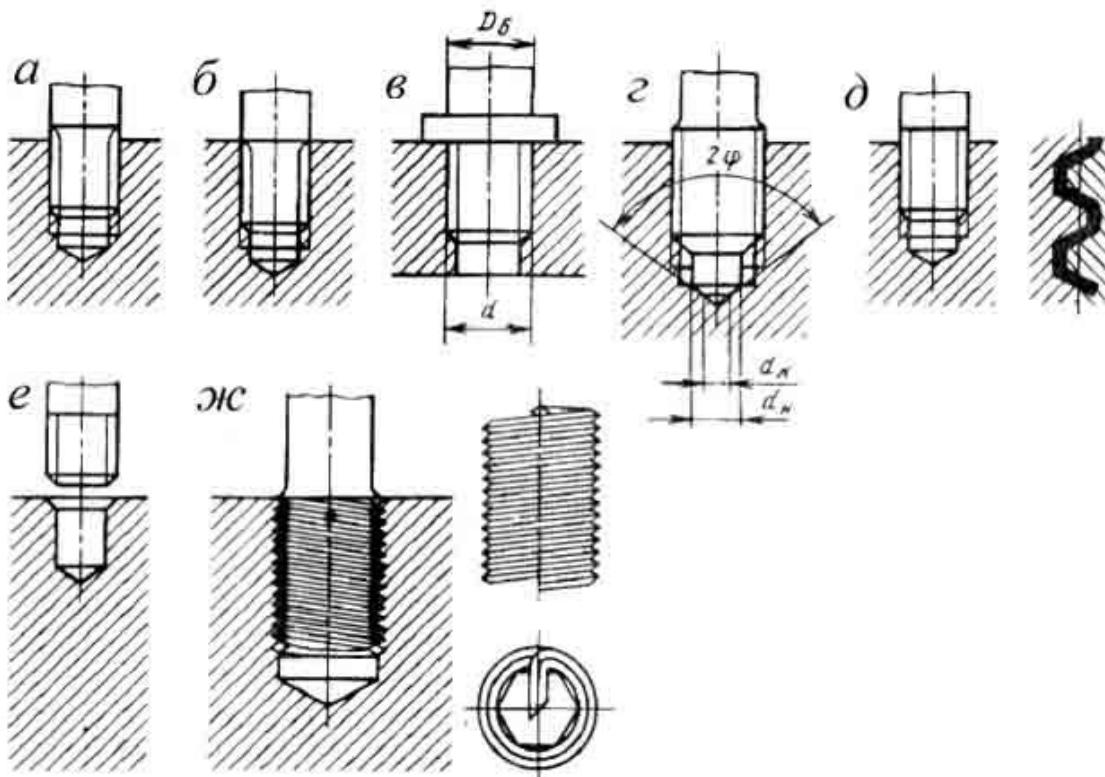


Рис. Способы стопорения шпилек в корпусных деталях:

- а – путем натяга по среднему диаметру резьбы;
- б – посадкой на сбеги резьбы;
- в – упор буртом резьбы;
- г – упор в дно резьбового отверстия;
- д – посадкой на клею;
- е – завинчиванием шпильки в гладкое отверстие;
- ж - установкой спирально вставки

Эффективность различных способов стопорения шпилек в корпусах можно оценить по крутящему моменту страгивания  $M_o$  при ее отвинчивании, который зависит, в первую очередь, от момента затяжки шпильки в конце ее завинчивания.

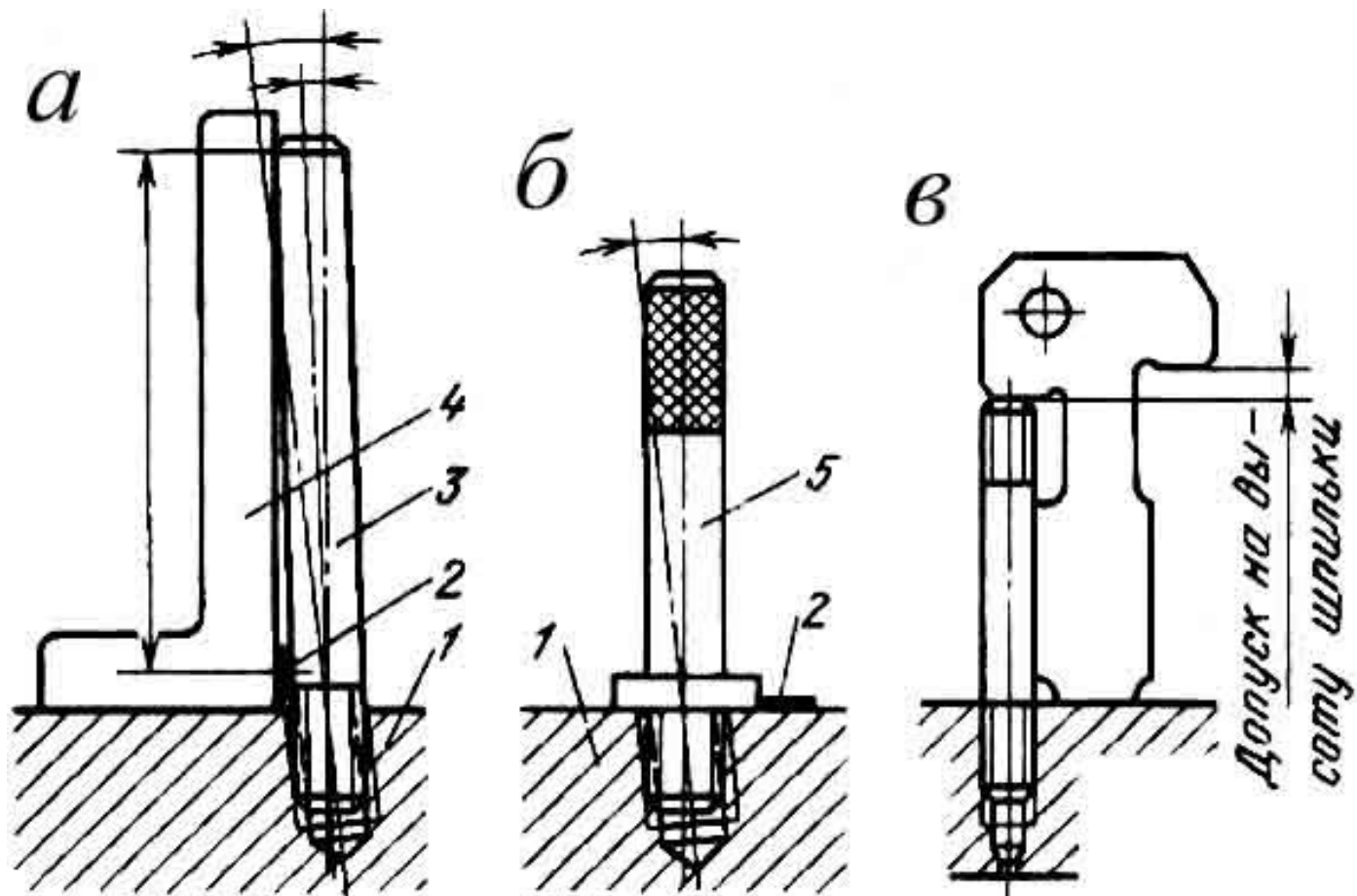


Рис. **Схема контроля перекоса резьбовых отверстий (а, б) и длины выступающей части шпильки (в):**  
 1 – резьбовое отверстие корпуса; 2 – щуп; 3 – контрольный валик; 4 – угольник; 5 – фланцевый калибр

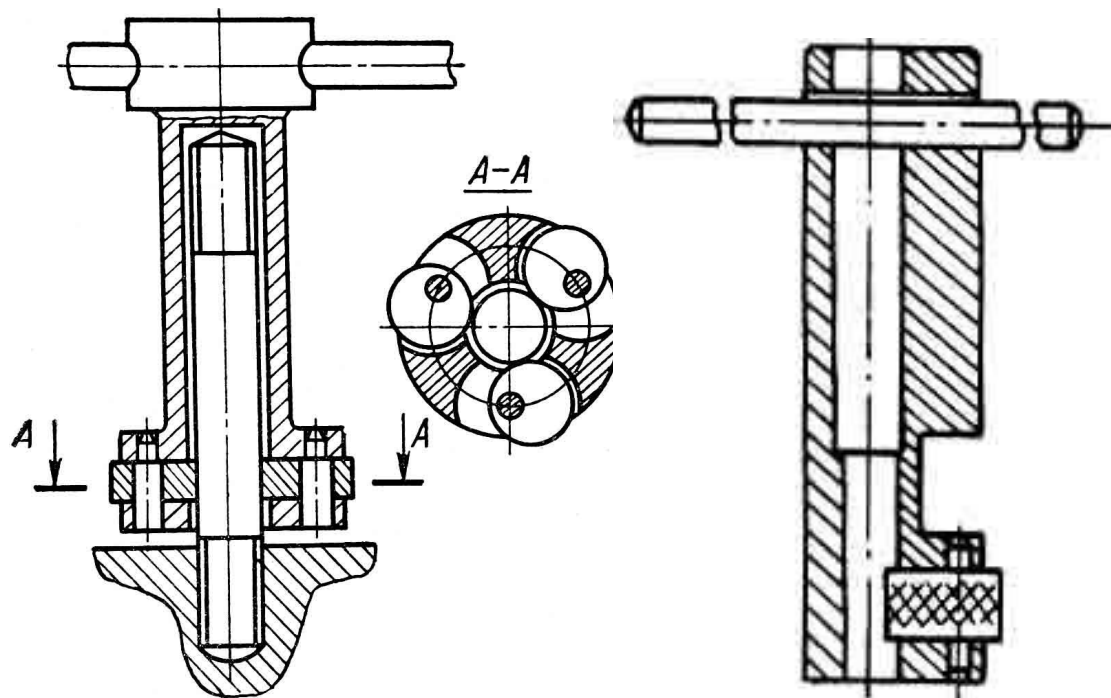


Рис. Эксцентровые ключи для вывинчивания шпилек

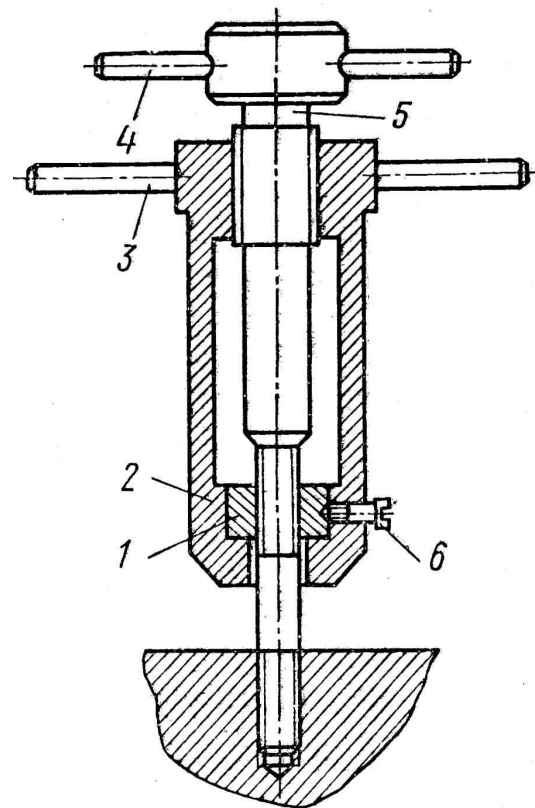
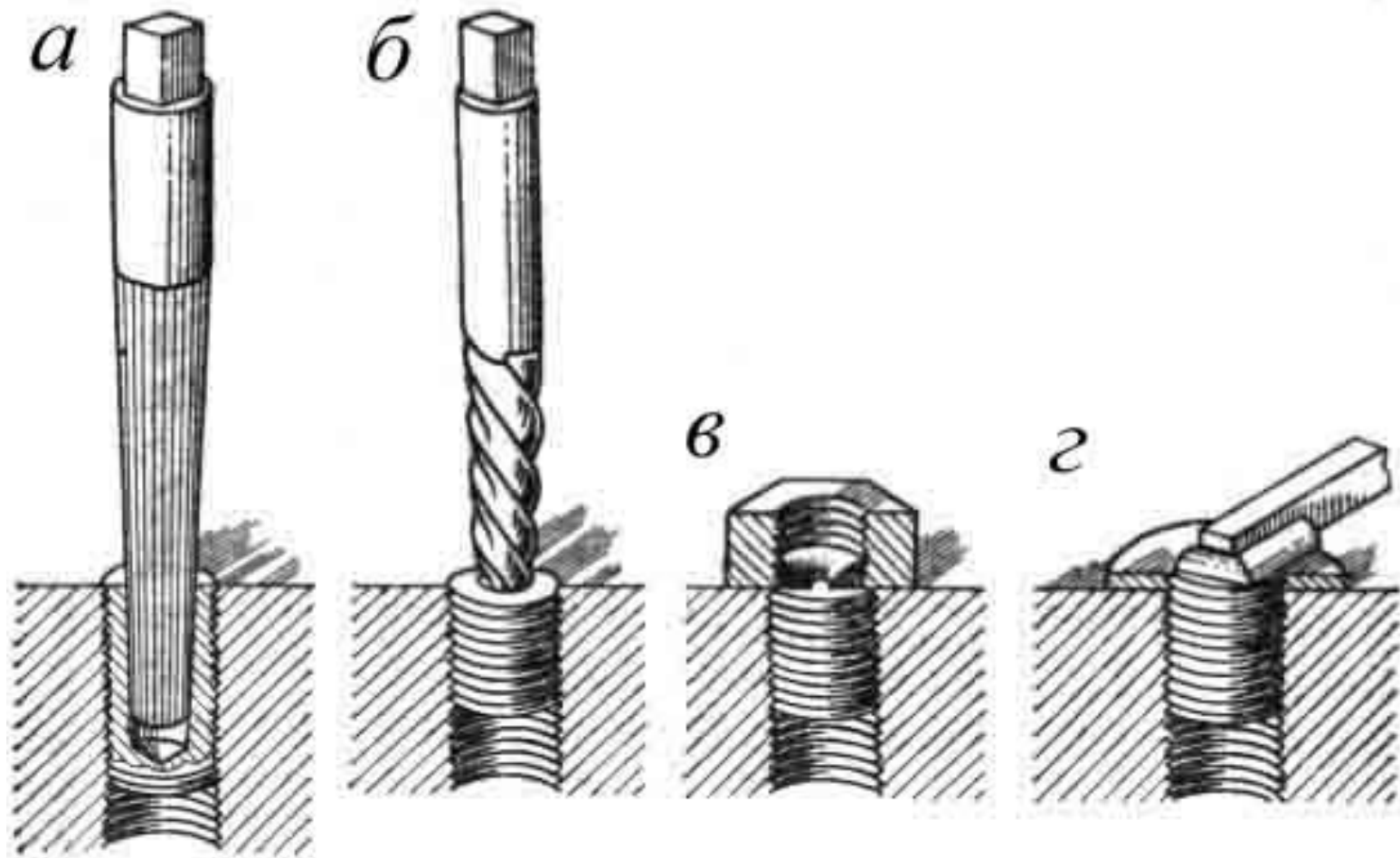


Рис. Ключ для вывинчивания шпилек:

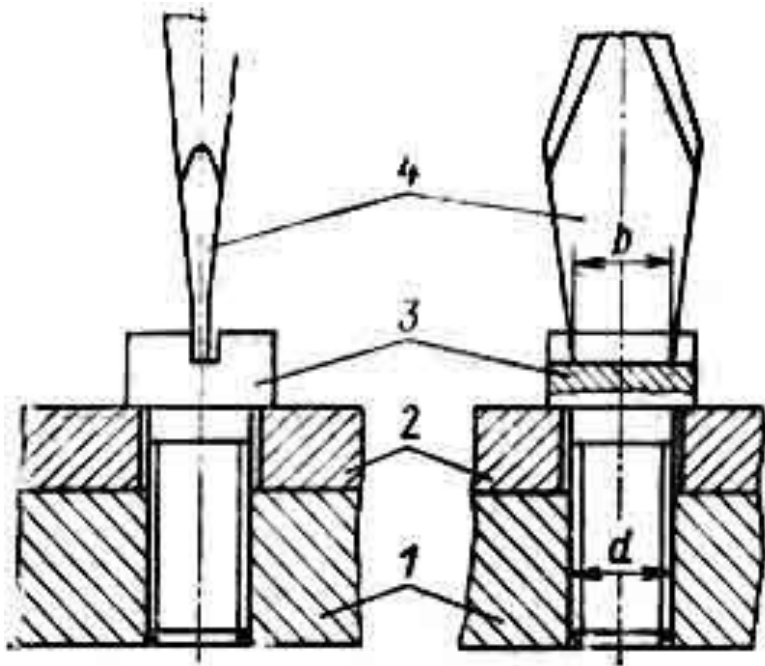
1 – сменная гайка; 2 – корпус; 3 – рукоятка; 4 – вороток; 5 – винт; 6 – винт фиксирующий

Рис.



**Рис. Инструменты и приемы для вывертывания обломанных шпилек:**

*а* – бор; *б* – экстрактор; *в* – приваривание гайки; *г* – приваривание прутка



**Рис. Положение лезвия правильно подобранной отвертки:**

1, 2 – соединяемые детали; 3 – винт; 4 – лезвие отвертки

Следует помнить, что ввинчивать и вывинчивать винты при сборке авиационных двигателей или агрегатов летательного аппарата можно только правильно подобранной отверткой.

Правильно подобранной отверткой считается в том случае, когда ее лезвие входит на всю глубину шлица винта с зазором  $0,1 \dots 0,2$  мм. Ширина лезвия  $b$  должна быть равной диаметру винта  $d$  (рис.).

## Возможные дефекты и способы ремонта резьбовых соединений

<b>Дефект</b>	<b>Способ ремонта</b>
Непрямолинейность оси стержня болта, винта, шпильки	Правка в тисках или с помощью силового прессы
Забоины, вмятины на резьбе	«Прогонка» резьбы резьбовыми инструментами (плашками, метчиками)
Трещины в резьбовой части детали	Заварка трещины с последующим повторным нарезанием резьбы
Смятие граней шлицев, отверстий для ключей и отверток	Запиливание; наплавка с последующей обработкой
Заедание гайки по причине увеличения шага резьбы винта вследствие его растяжения	Замена болта или ремонт вышеуказанными способами
Выход из строя наружной резьбы вследствие износа, среза, смятия и изгиба витков	Протачивание резьбы до ближайшего меньшего стандартного диаметра и последующее нарезание резьбы меньшего размера; при невозможности из условий прочности уменьшения размера резьбы ее восстанавливают наплавкой
Выход из строя внутренней резьбы вследствие износа, среза, смятия и изгиба витков	Рассверливание отверстия до ближайшего стандартного диаметра и последующее нарезание резьбы большего размера; рассверливание отверстий для установки в него на резьбе или клее переходной втулки с внутренним диаметром резьбы нужного размера; постановка резьбовых спиральных вставок



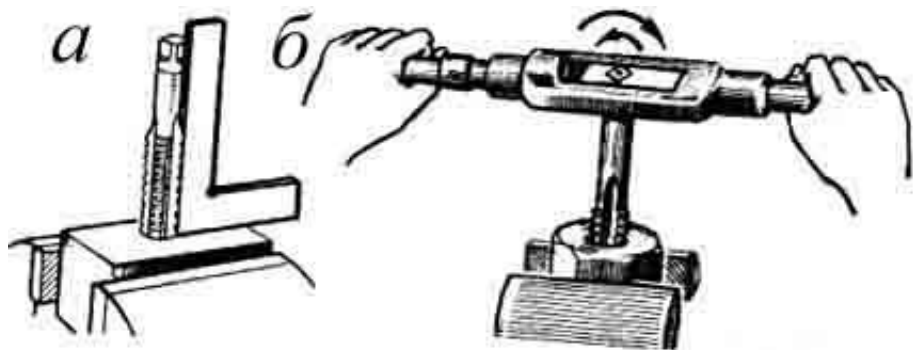


Рис. **Нарезание внутренней резьбы:**

а – установка метчика;  
б – процесс нарезания

При нарезании резьбы метчик «выдавливает» металл, поэтому диаметр отверстия под резьбу должен быть немного больше внутреннего диаметра резьбы. При точном соответствии диаметра отверстия внутреннему диаметру резьбы выдавливаемый при нарезании резьбы материал давит на зубья метчика и налипает на них. Это приводит к нагреву метчика и может вызвать его поломку.

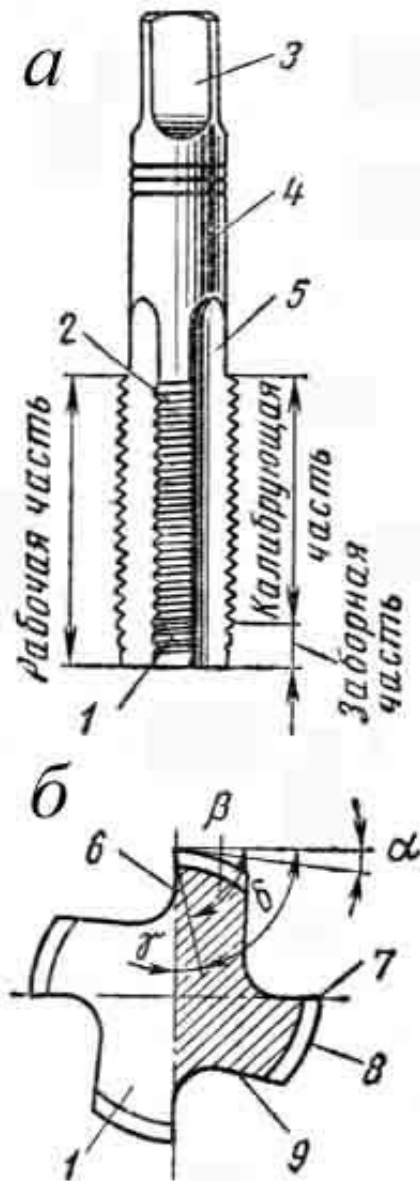
Для получения резьбы хорошего качества диаметр отверстия выбирают по справочным таблицам.

Приблизительно диаметр отверстия под метрическую резьбу можно определить по формуле:

$$d_c = d - k_c P,$$

где  $d_c$  - диаметр сверла;  $d$  - номинальный диаметр резьбы;  $k_c$  - коэффициент, учитывающий разбивку отверстия при сверлении (обычно  $k_c = 1,00 \dots 1,08$ );  $P$  - шаг резьбы.

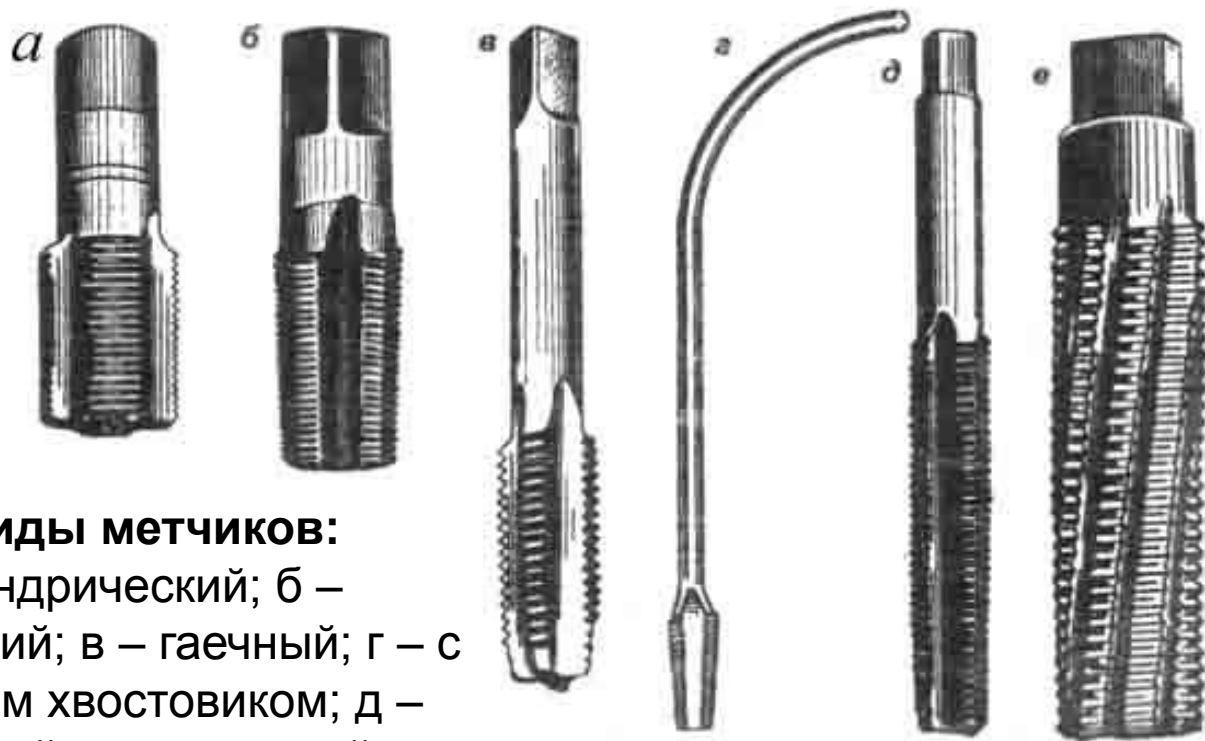
Глухие отверстия сверлят глубиной на  $6P$  больше длины резьбы.



Метчик представляет собой винт, снабженный несколькими продольными или спиральными канавками, образующими режущие кромки. На рис., б показаны углы режущих зубьев метчика:  $\alpha$  – задний угол;  $\beta$  – угол заострения;  $\delta$  – угол резания;  $\gamma$  – передний угол. Величина этих углов выбирается в зависимости от обрабатываемого материала.

Рис. **Метчики и их элементы:**

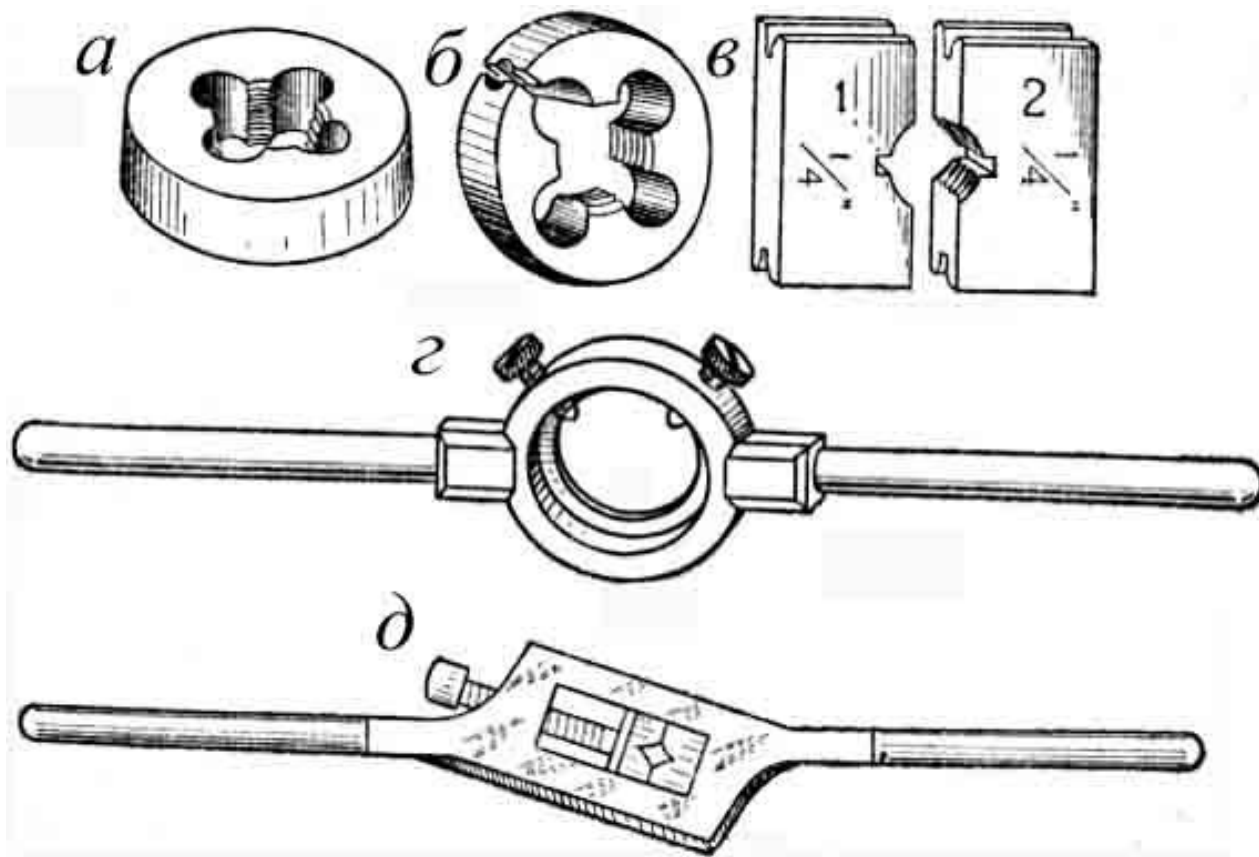
а – общий вид; б – радиальное сечение; 1 – режущее перо; 2 – нитка (виток); 3 – квадрат; 4 – хвостовик; 5 – канавка; 6 – передняя поверхность; 7 режущая кромка; 8 – затылованная поверхность; 9 – задняя поверхность;  $\alpha$  – задний угол;  $\beta$  – угол заострения;  $\delta$  – угол резания;  $\gamma$  – передний угол



**Рис. Виды метчиков:**

а – цилиндрический; б – конический; в – гаечный; г – с изогнутым хвостовиком; д – плашечный; е - маточный

Гаечный метчик предназначен для нарезания резьбы в гайках за один проход и имеет удлиненный хвостовик для нанизывания готовых гаек. Плашечный метчик – для нарезания резьбы в плашках, а маточный – для зачистки резьбы в плашках, находящихся в работе. Машинные метчики (рис., а, г) применяются для нарезания резьбы на сверлильных и резьбонарезных станках.



**Плашки** служат для нарезания наружных резьб. Они закрепляются двумя винтами в плашкодержателе. Призматические плашки состоят из двух половин и укрепляются в специальной рамке с рукоятками, называемой клуппом.

**Рис. Инструмент и принадлежности для нарезания наружной резьбы:**

*а* - плашка круглая цельная; *б* - плашка круглая разрезная;  
*в* – плашка призматическая; *г* – плашкодержатель; *д* - клупп

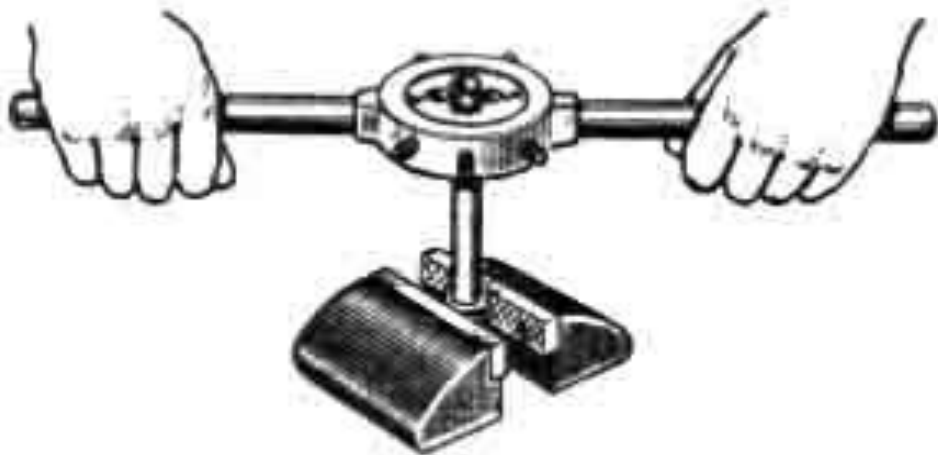


Рис. Нарезание резьбы  
плашкой

Диаметр стержня при нарезании резьбы выбирают исходя из тех же соображений, что и диаметр отверстия. Хорошее качество резьбы получается, если диаметр стержня меньше диаметра резьбы на  $0,2 \dots 0,4$  мм.

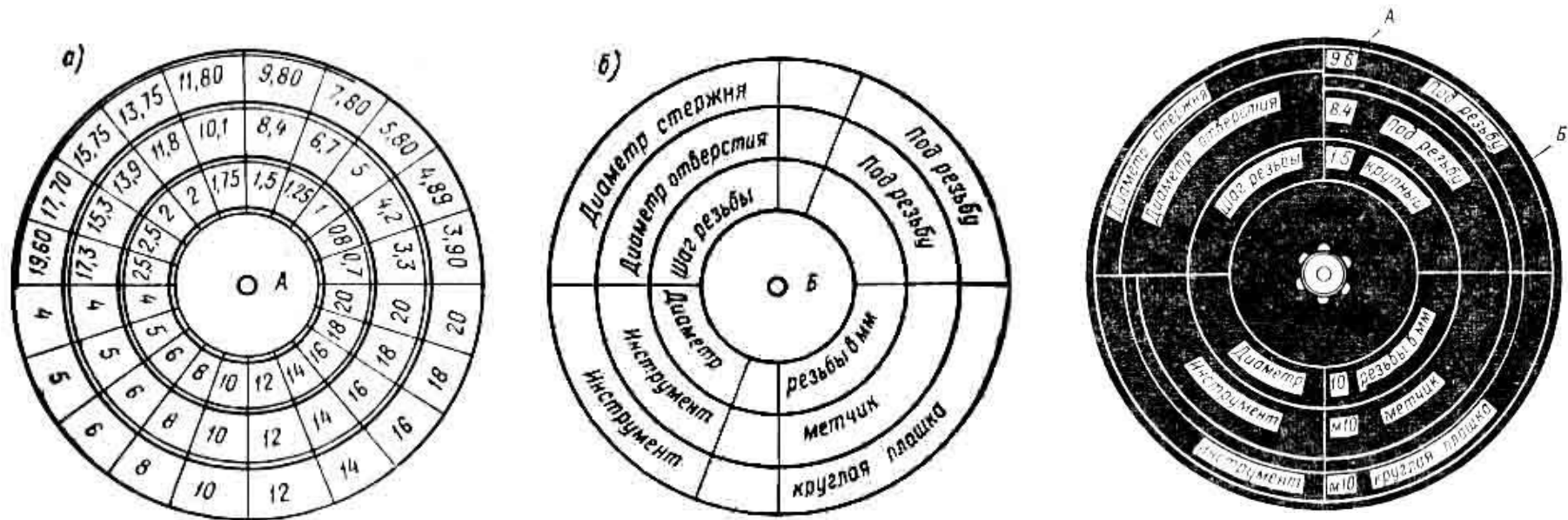
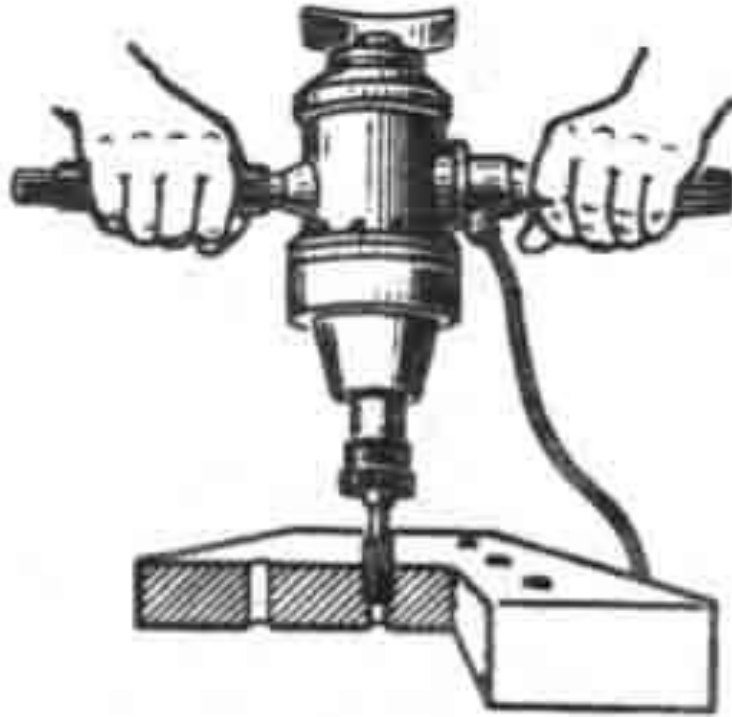
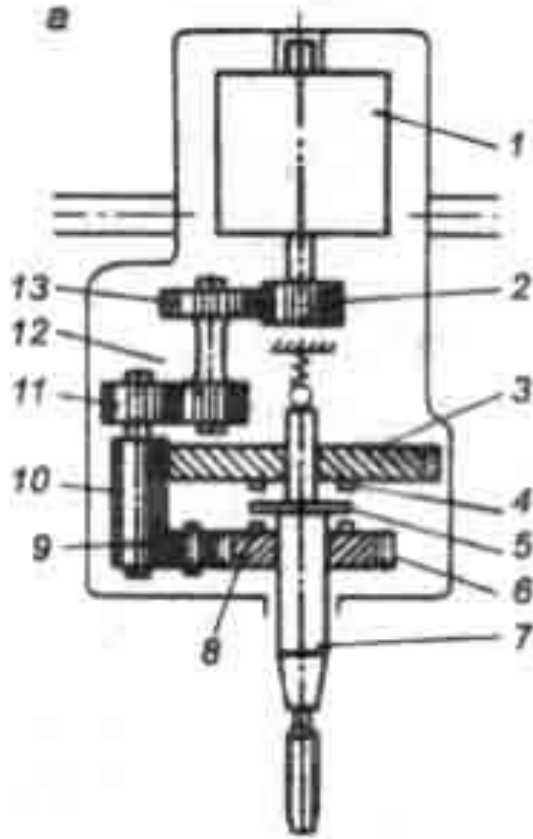


Рис. Расчетный круг (Е. П. Григорьева) для определения размеров основной метрической резьбы

Расчетный круг (Е. П. Григорьева) для определения размеров основной метрической резьбы состоит из двух дисков: белого А и черного Б. Диск А имеет двадцать делений. На диск А накладывается диск Б, и они шарнирно соединяются. Верхний диск имеет шесть окон, в которых указаны: 1-е сверху – диаметр стержня под резьбу; 2-е сверху – диаметр отверстия под резьбу; 3-е сверху – шаг резьбы; 3-е снизу – диаметр резьбы; 2-е снизу – инструмент для нарезания внутренней резьбы. Для пользования расчетным кругом рабочий должен знать только диаметр резьбы.



Нарезание резьбы вручную – трудоемкая и малопродуктивная операция. Поэтому для нарезания резьбы в крупных деталях и при сборке изделий применяют резьбонарезатели с электрическим или пневматическим приводом.

**Рис. Резьбонарезатель с электрическим приводом:**

а – кинематическая схема; б – работа резьбонарезателем;

1 – электродвигатель, 2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13 – зубчатые колеса; 4, 8 – выступы; 5 – фланец; 7 – шпиндель



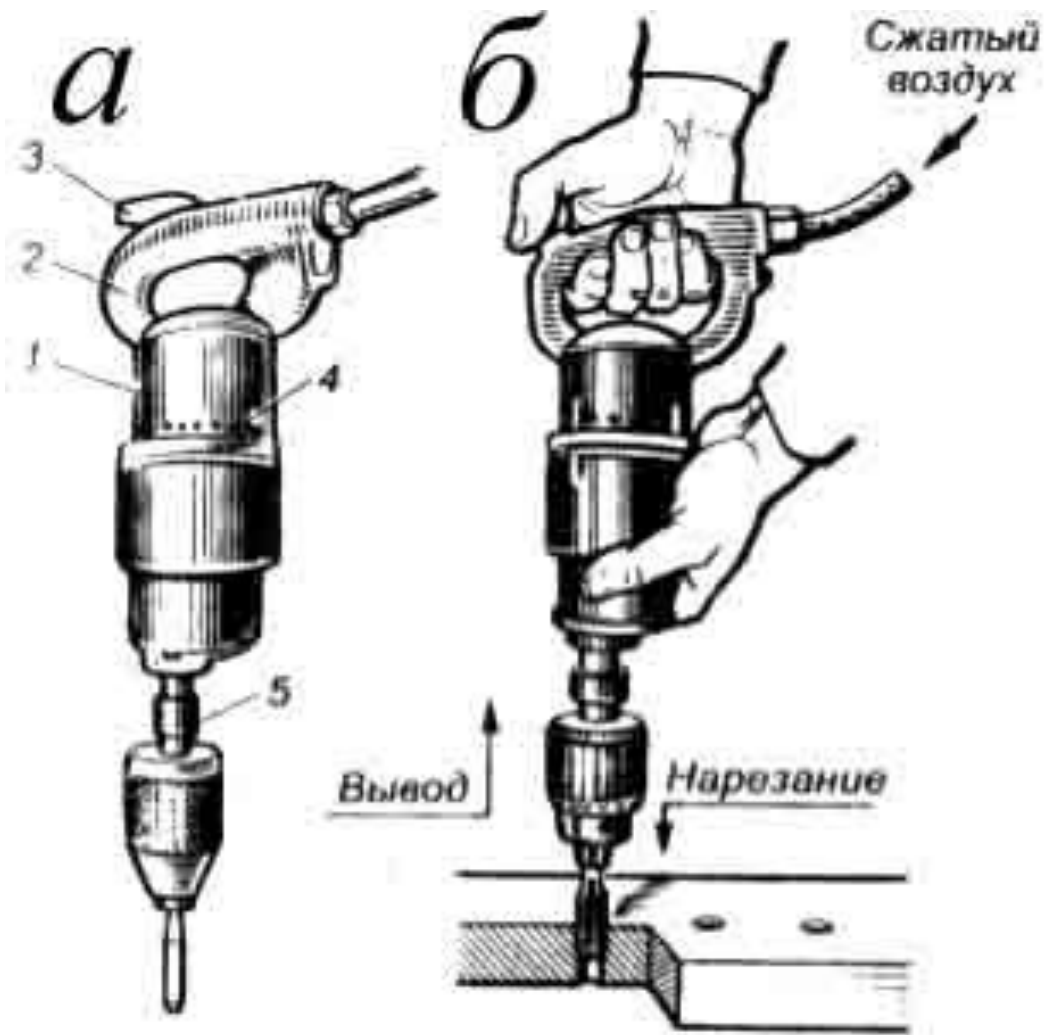
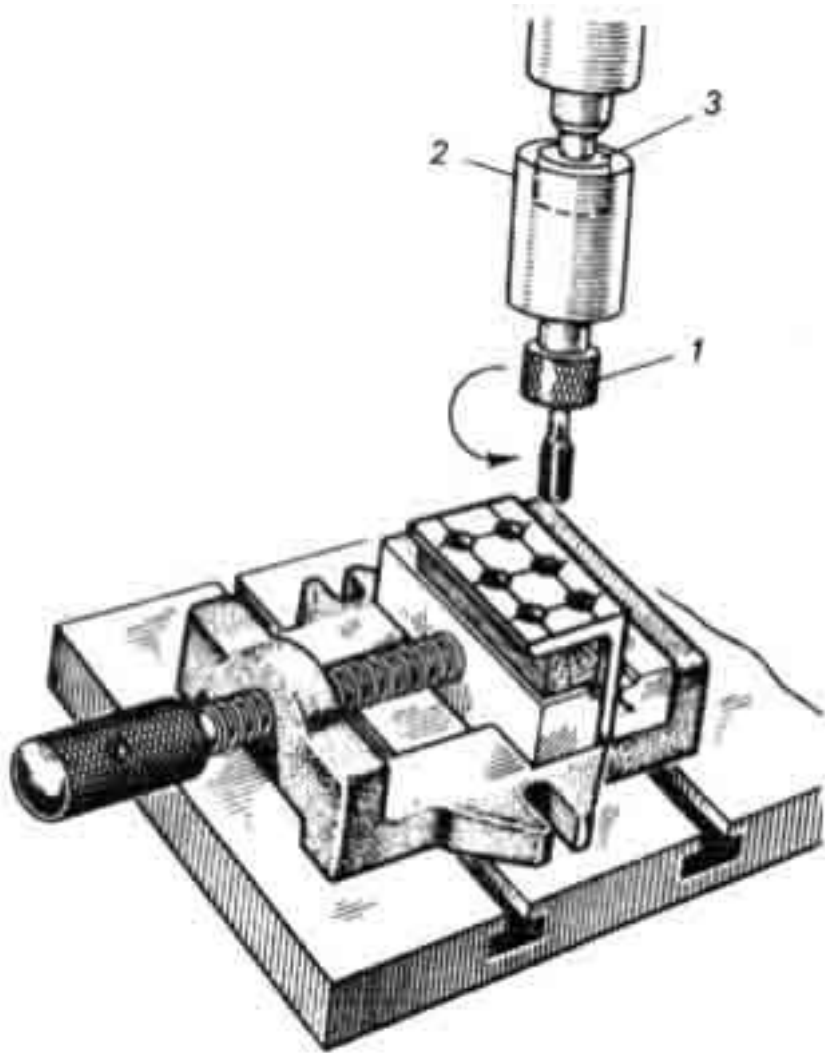


Рис. Резьбонарезатель:  
а – с пневматическим  
приводом РНР-8 легкого  
типа; б – прием работы;  
1 – пневмодвигатель; 2 –  
рукоятка; 3 – курок; 4 –  
отверстие; 5 - шпиндель



**Рис. Нарезание резьбы в отверстиях на сверлильном станке:**

1 , 2 – гайки; 3 – стопорный винт

Наиболее производительным является нарезание резьбы на сверлильных станках (рис.). На шпиндель станка устанавливается предохранительный патрон, в котором метчик закрепляют на допустимое усилие с помощью стопорного винта 3 и круглой гайки 2. Метчик закрепляют накидной гайкой 1. Сверлильный станок налаживают на скорость резания 5...8 мм. Производительность труда повышается в 8...10 раз по сравнению с нарезанием вручную.

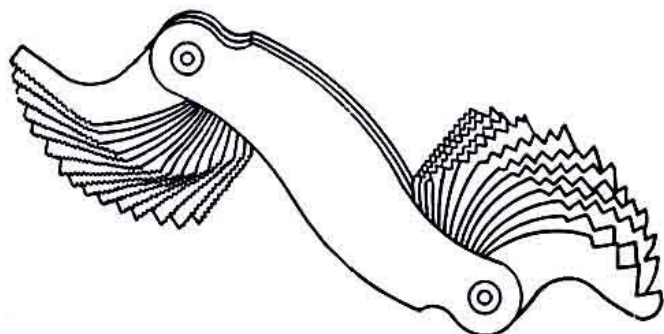
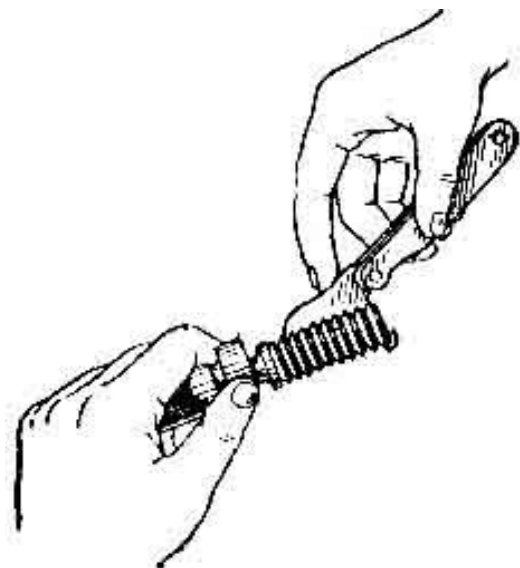


Рис. Резьбомер



**Шаблон резьбовый** служит для определения шага и профиля резьбы. Он представляет собой набор гребенок, зубцы которых точно соответствуют определенному шагу и профилю резьбы (метрическому с углом  $60^\circ$  или дюймовому с углом  $55^\circ$ ).

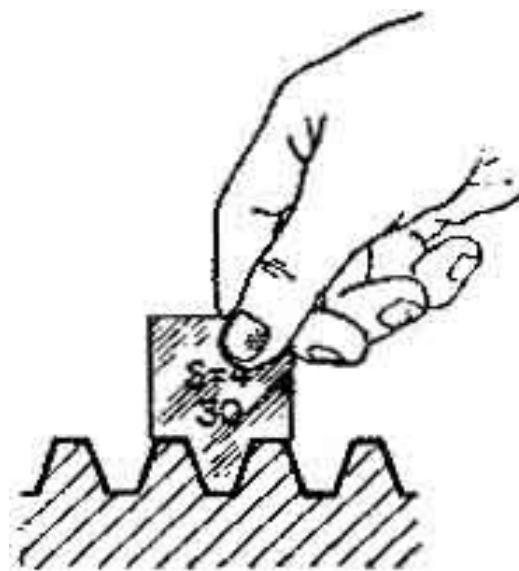
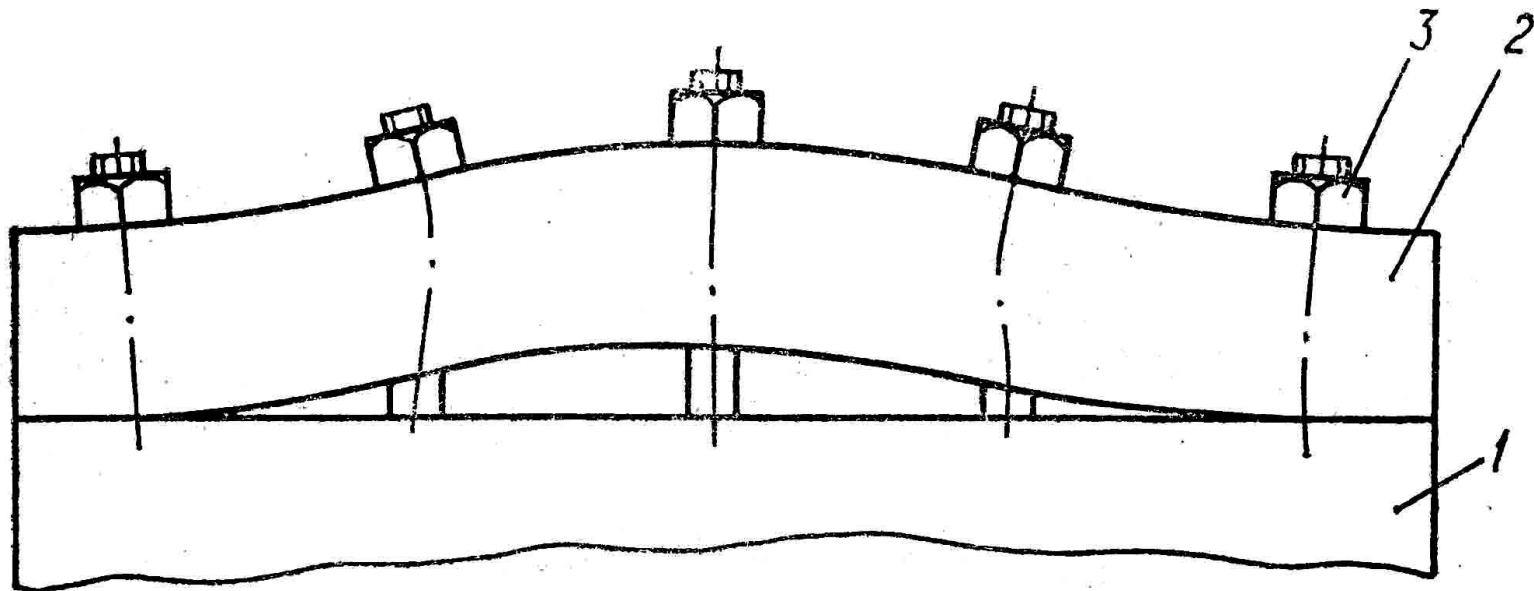


Рис. Шаблон для проверки профиля трапецидальной резьбы



**Рис. Схема образования деформации крышки при неправильной последовательности закрепления гаек:**

1 – корпус; 2 – крышка; 3 - шпилька

Большое значение при сборке имеет последовательность затяжки болтов (гаек) во фланцах. К чему приводит нарушение порядка крепления в утрированном виде показано на рис. .

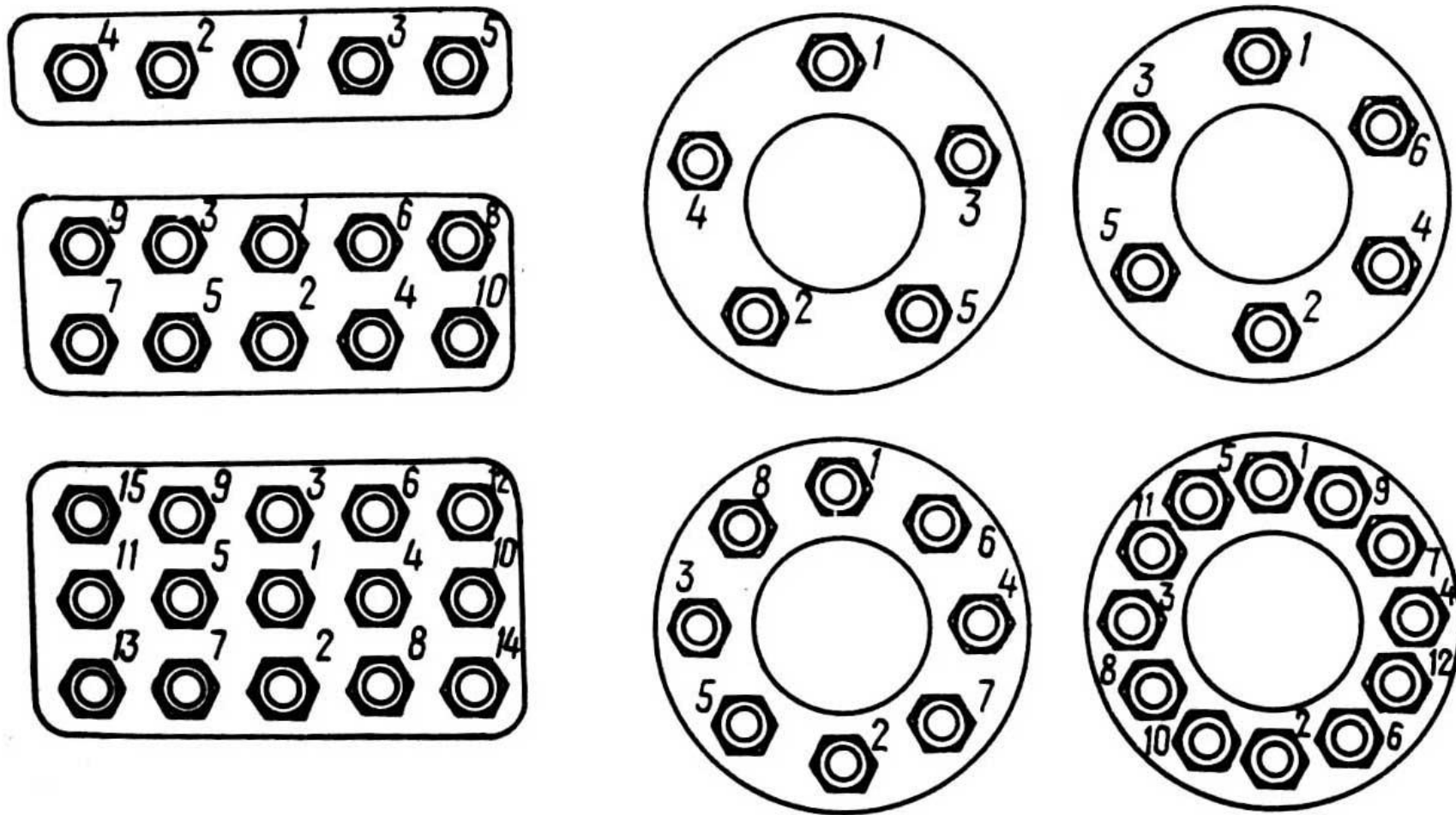


Рис. Последовательность затяжки болтов во фланцах

В процессе сборки оборудования наиболее важной задачей является **обеспечение необходимой затяжки**. В эксплуатационной документации усилие затяжки указывается редко: только для наиболее ответственных сопряжений. На практике для определения этой величины и ее обеспечения в процессе сборки применяются специальные методы расчета и контроля.

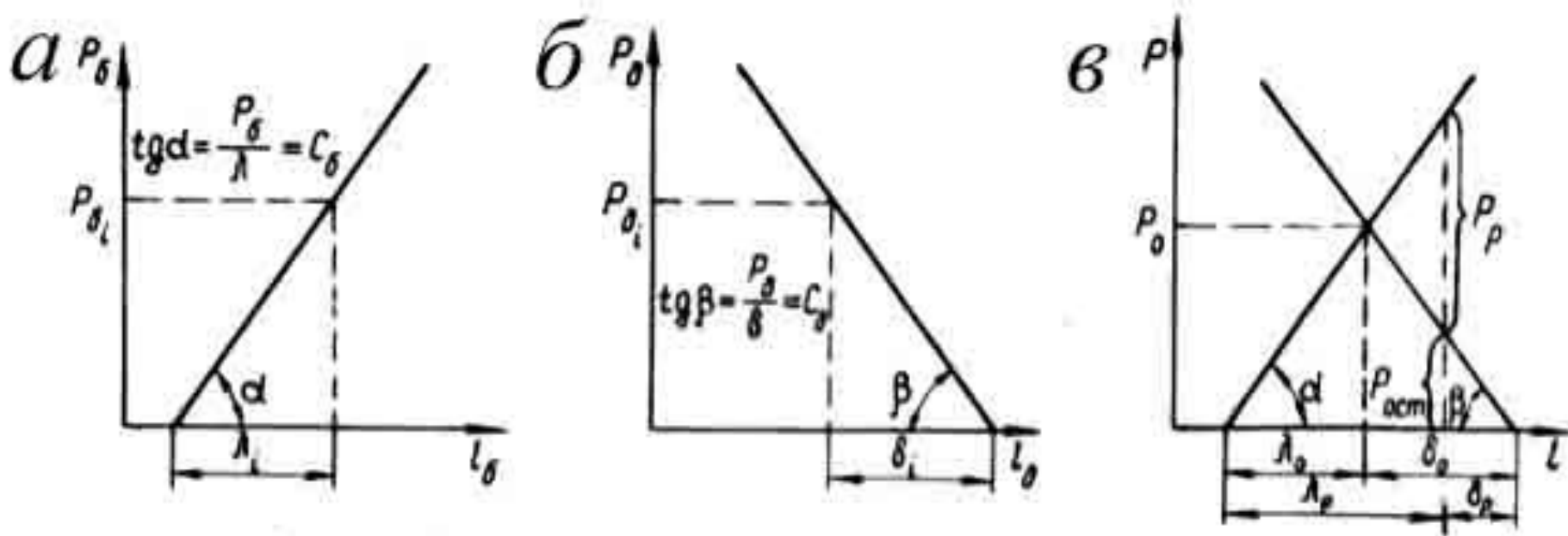


Рис. Графические зависимости деформаций от усилия:

*a* – для пакета соединяемых деталей;

*б* – для болта;

*в* – для болта и пакета при затяжке соединения;

$P, P_\delta; P_\delta$  - усилие затяжки;

$l$  - деформация болта или пакета соединяемых деталей

Существует несколько способов обеспечения и контроля заданной затыжки.

Рассмотрим основные из них.



Для большинства резьбовых соединений величина предварительной затяжки болтов ограничивается тем, что устанавливается определенная длина ручки у гаечного ключа. Существует правило, согласно которому длина ручки не должна превышать величины, указанной на рис. . Приложив к ручке ключа усилие в 50 кгс, можно достичь в материале болта напряжений, близких к пределу пропорциональности сталей, широко применяющихся для изготовления крепежных деталей.

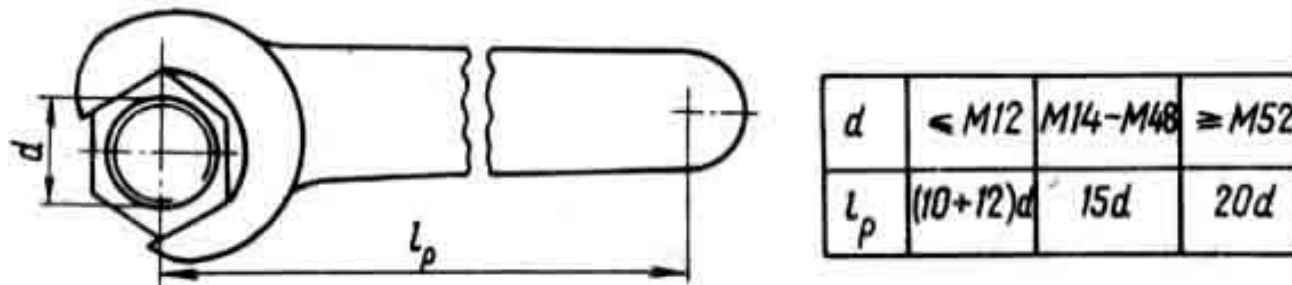


Рис. **Длина ручек гаечных ключей**

Большие длины ручек ключей недопустимы, поскольку даже средний по силе сборщик сможет легко оборвать болт или сорвать резьбу. В связи с этим нельзя при затяжке удлинять ручки ключей трубой. Иногда для уменьшения габаритов и веса у ключей больших размеров делают укороченные ручки. При сборке такие ключи используют с удлинителями определенной длины.

Для многих ответственных соединений заданное усилие затяжки обеспечивается с помощью тарированных ключей:

- предельных, то есть выключающихся при достижении заданного усилия (момента) затяжки;
- динамометрических, имеющих стрелочный указатель момента затяжки.

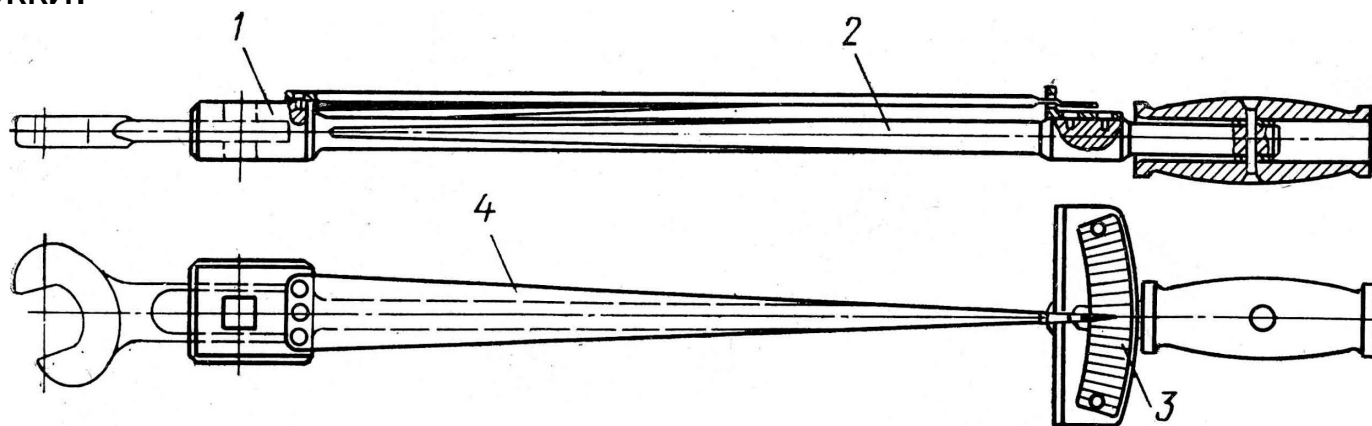


Рис. **Динамометрический ключ:**

1 – поводок головки ключа; 2 – стержень; 3 – шкала для измерения, соединенная с головкой ключа; 4 – стрелка

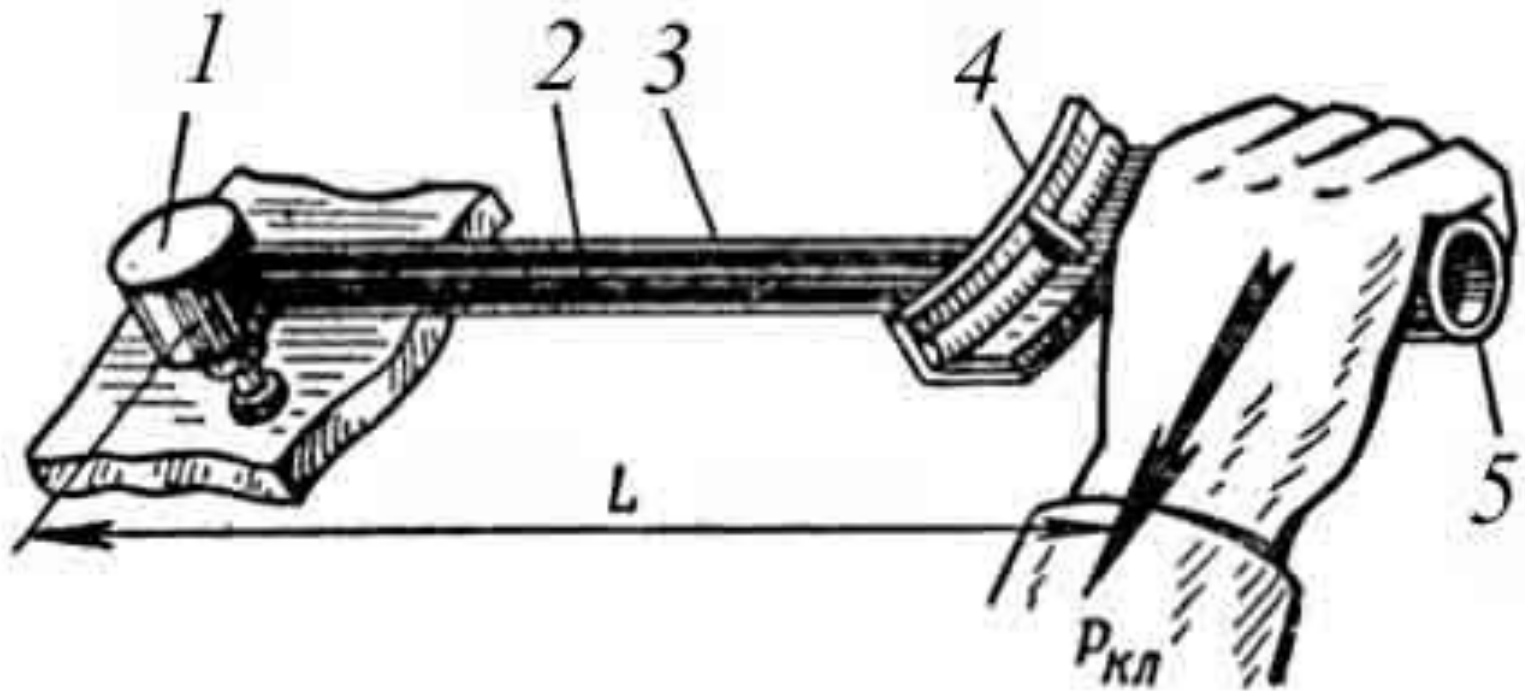
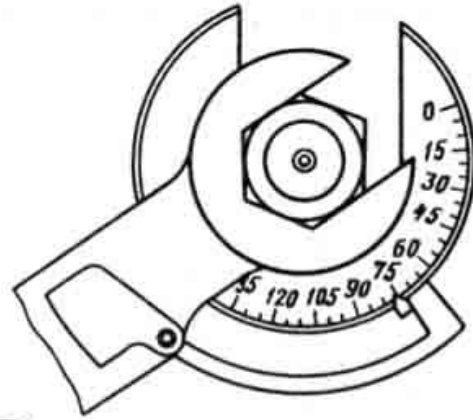


Рис. **Затягивание гайки динамометрическим ключом:**  
1 – головка; 2 – упругий стержень; 3 – стрелка; 4 – шкала; 5 –  
рукоятка



Широкое распространение получил способ обеспечения заданного усилия путем затяжки гайки ключом на определенный угол (после навинчивания до упора от руки).

ис. **Схема контроля или затяжки по углу поворота гайки**

Гайки в этом случае затягивают обычными ключами, а угол поворота гайки измеряют с помощью стрелки, укрепленной на ключе, и лимба, который установлен неподвижно на одной из стягиваемых деталей.

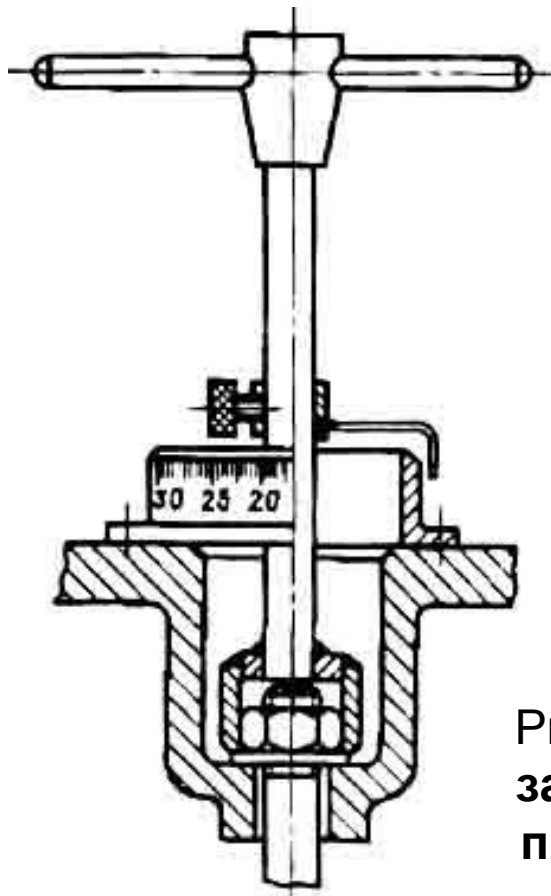


Рис. **Ключ для затяжки по углу поворота гайки**

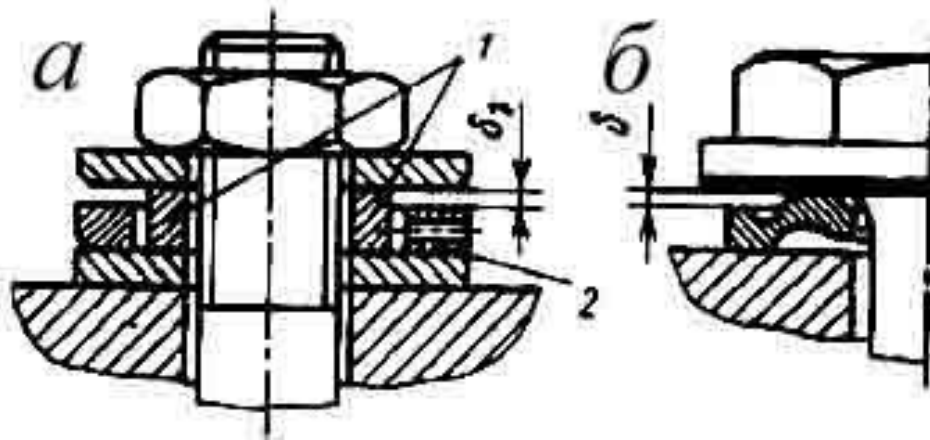
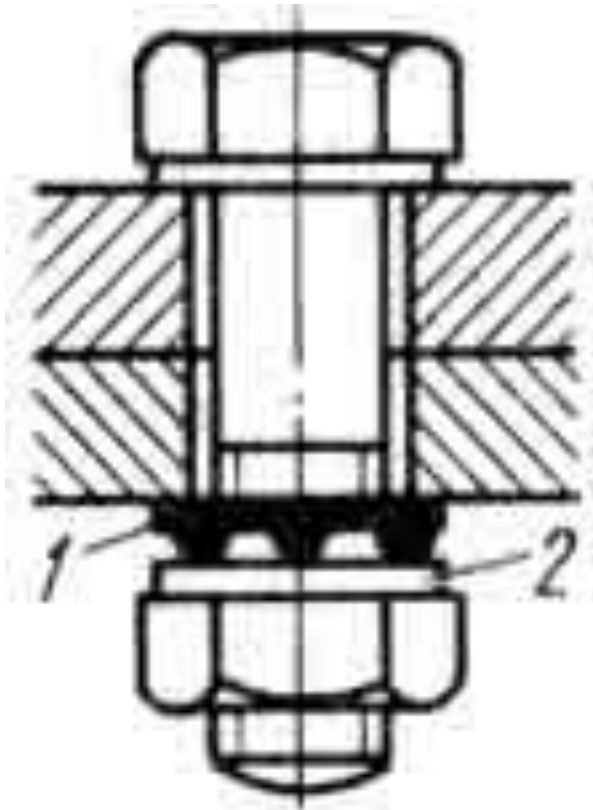


Рис. Схемы контроля силы затяжки с помощью специальных пластичных мерных шайб:

1 – пластичная мерная шайба; 2 – контрольное кольцо

Контроль силы затяжки (рис. , а) может быть осуществлен с помощью специальной пластичной мерной шайбы 1, устанавливаемой между двумя обычными шайбами. Гайку затягивают до тех пор, пока зазор  $\delta_3$  не будет полностью устранен и контрольное кольцо 2 не окажется зажатым.

На рис. , б приведена тарированная шайба специального профиля. В процессе затяжки гайки шайба упруго деформируется, в результате чего происходит устранение первоначального зазора  $\delta_3$ , о чем свидетельствует резкое увеличение момента затяжки (из-за увеличения момента трения на торце гайки).



При затяжке выступы индикаторной шайбы 1 упираются в обычную шайбу 2 и, расплющиваясь, заполняют зазор между шайбами, что обеспечивает заданное усилие затяжки при заполнении зазора.

Рис. Крепежная деталь с индикатором усилия затяжки:  
1 – индикаторная шайба; 2 – обычная шайба

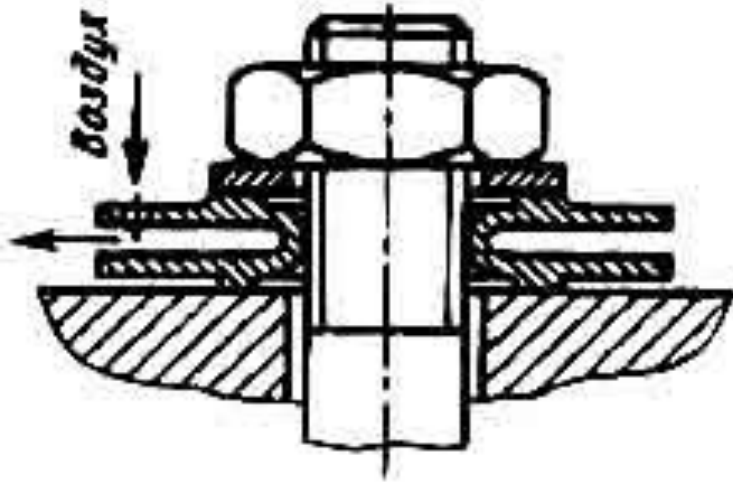
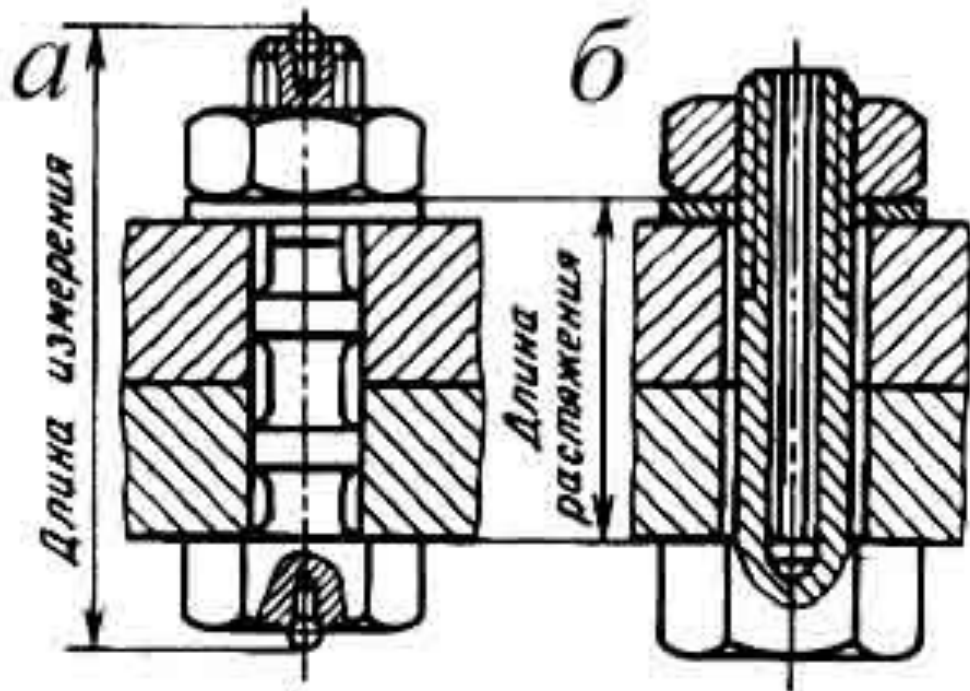


Рис. Схема  
пневмотензометрического  
контроля силы затяжки

Эффективным является **пневмотензометрический метод контроля** силы затяжки, основанный на измерении расхода воздуха, проходящего через кольцевую щель шайбы, которая уменьшается при затяжке гайки.

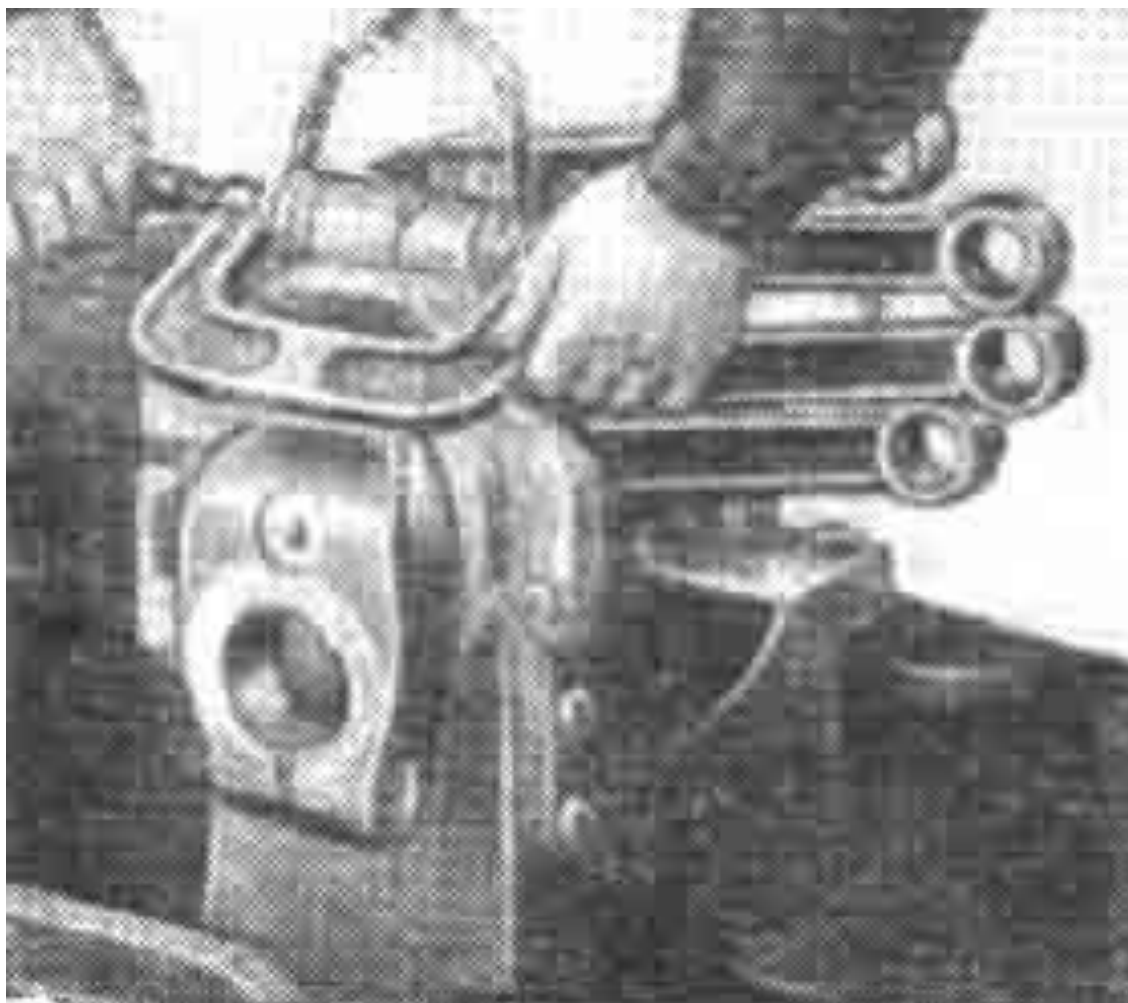
В некоторых случаях, особенно при экспериментальных исследованиях, для контроля силы затяжки ответственных соединений применяют **проволочные тензодатчики**, накладываемые на гладкую часть болта или заливаемые в центральное отверстие. После затяжки эти датчики могут оставаться на детали и при дальнейшей эксплуатации. При применении такого метода контроля погрешность измерения силы затяжки обычно не превышает  $\pm 2\%$



**Рис. Схемы контроля силы затяжки по удлинению болта**

При сборке наиболее ответственных резьбовых соединений (например, болтов крепления к раме тяжелых дизелей и компрессоров) действительная величина предварительной затяжки определяется путем измерения деформации болта. Болт затягивается до тех пор, пока длина его рабочей части не станет больше на величину упругой деформации болта при действии предварительной затяжки.





**Рис.    Замер удлинения стяжного  
болта коленчатого вала**

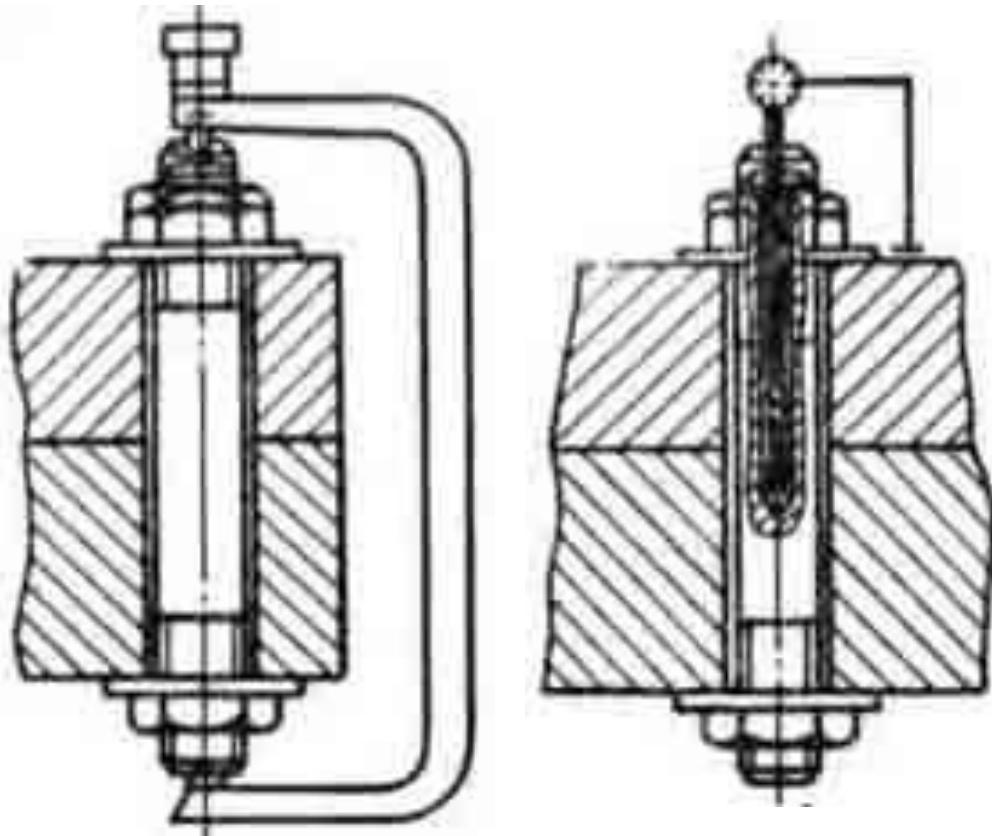


Рис. Схемы контроля силы затяжки скобами и с помощью индикатора

Метод контроля силы затяжки по удлинению болта (шпильки) менее технологичен, чем метод контроля по углу поворота и крутящему моменту, но является **наиболее надежным и точным**, так как не зависит от определения коэффициента трения в резьбе или контактных перемещений в стягиваемых деталях. Этот метод используют при контроле силы затяжки ответственных болтов и шпилек на фланцах аппаратов и трубопроводов высокого давления, шатунных и стяжных болтов двигателей.

## Сравнительная оценка точности методов контроля сил затяжки резьбовых соединений

Метод контроля	Точность, % ( $\pm$ )	Относительные затраты
По крутящему моменту:		
– динамометрическими и предельными ключами	<b>15</b>	<b>1,5</b>
– гаечными ключами	<b>30</b>	<b>1</b>
По углу поворота гайки	<b>15</b>	<b>2</b>
По удлинению болта с помощью:		
– индикатора	<b>8</b>	<b>5</b>
– мерных шайб	<b>10</b>	<b>7</b>
– тензодатчиков	<b>5</b>	<b>20</b>
По прикладываемой силе затяжки	<b>10</b>	<b>10</b>

В процессе эксплуатации воздушных судов под действием вибрации, переменных нагрузок, изменения рабочей температуры происходит самоотвинчивание болтов, винтов и гаек.

Самоотвинчивание резьбовых деталей может привести к его разрушению.

Самоотвинчивание резьбовых деталей может привести к аварии машин в процессе их эксплуатацию.

Предохранение резьбовых соединений от самоотвинчивания совершенно необходимо для соединений, воспринимающих переменные и ударные нагрузки или подверженных вибрации.

Существует много способов стопорения резьбовых соединений.

Некоторые способы стопорения резьбовых соединений рассмотрены далее.

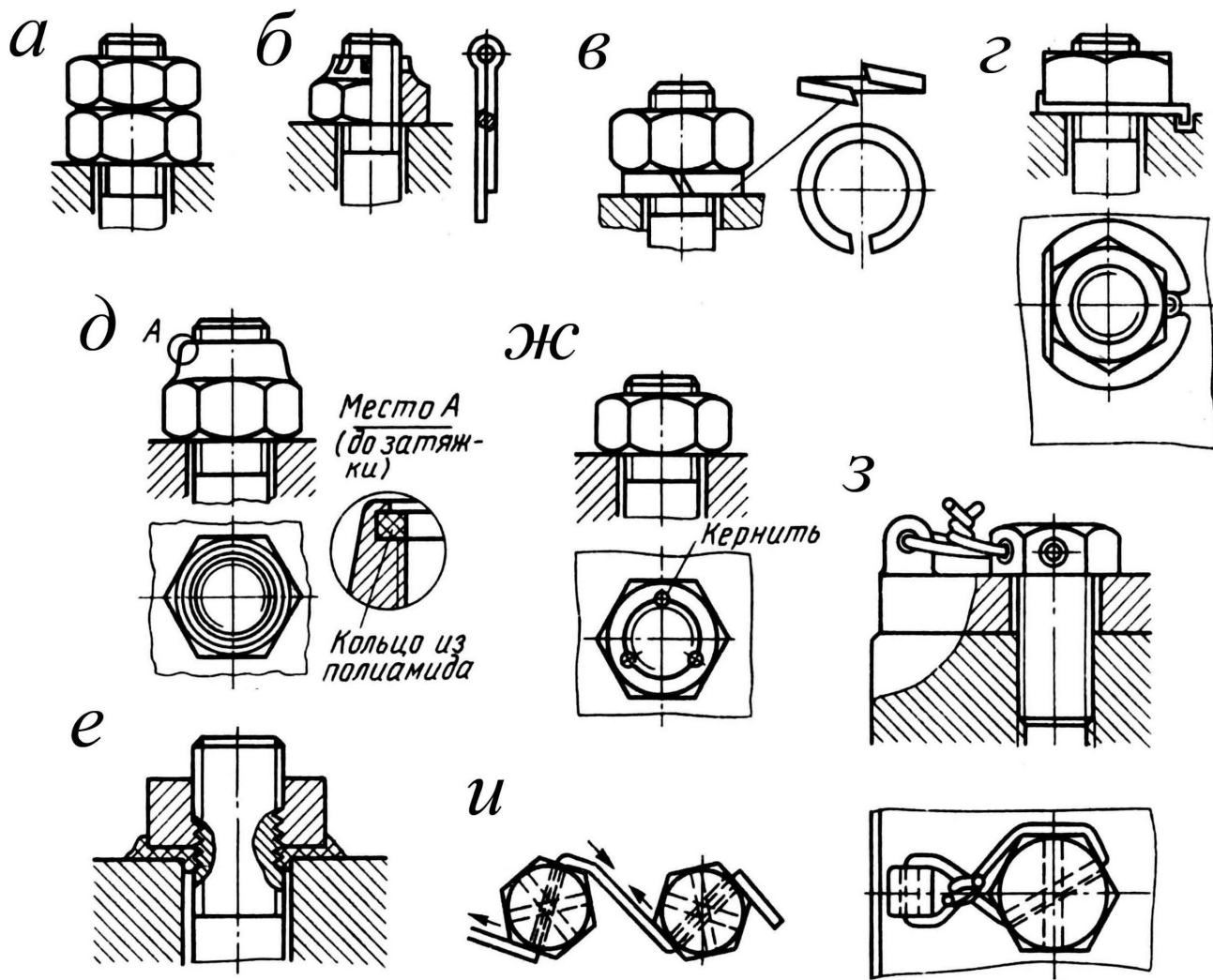


Рис. Способы стопорения резьбовых соединений:

а – конtringайкой; б – шплинтом; в – гроверной шайбой; г – специальной шайбой; д – кольцом из полиамида с последующей опрессовкой; е – шайбой из полиамида; ж – кернением; з, и – проволокой

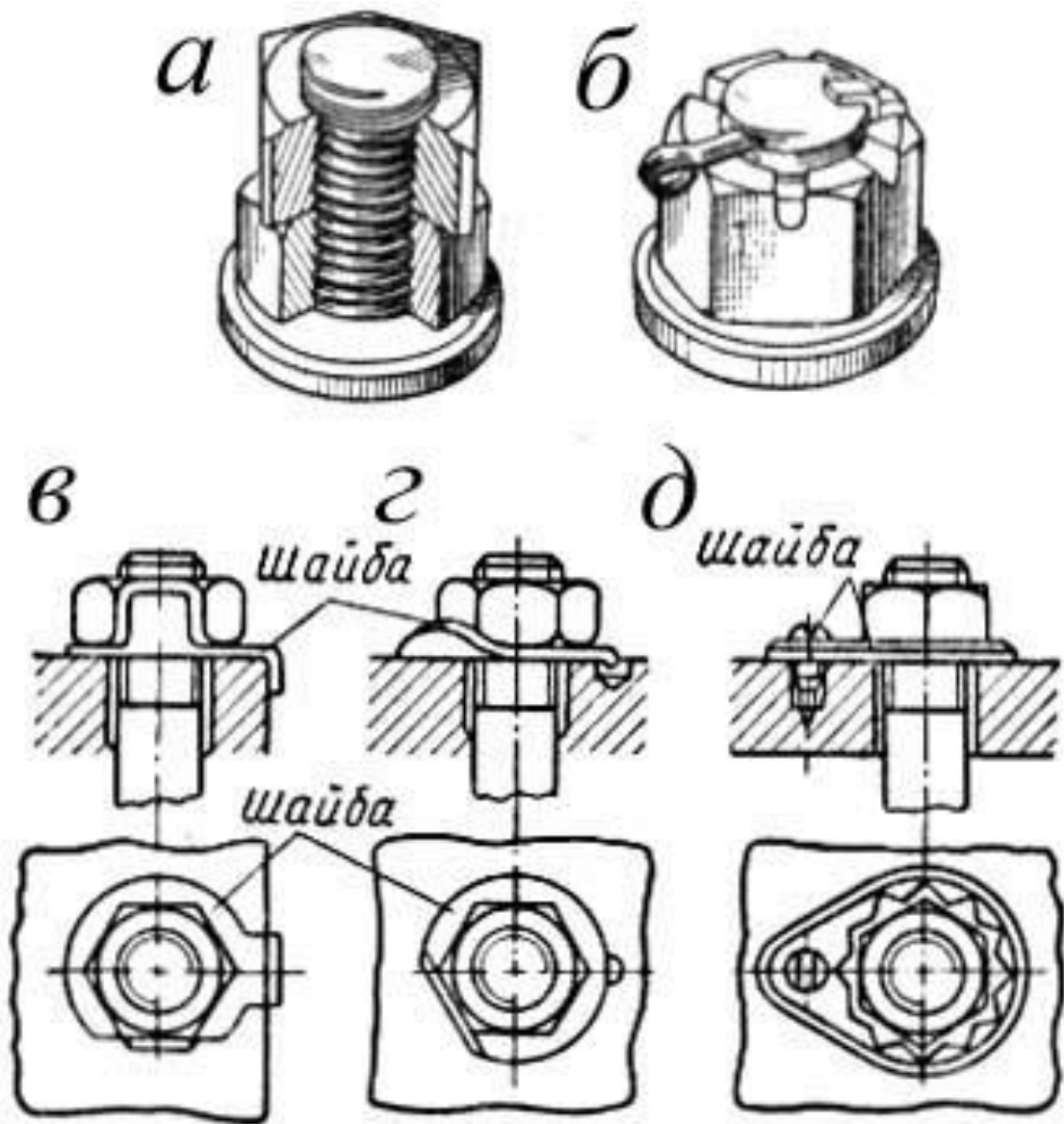


Рис. Средства стопорения гаек:  
 а – контргайкой;  
 б – шплинтом;  
 в, г – при помощи специальных шайб;  
 д – специальным замком

**Стопорение контргайкой** (рис. , а). На основную гайку навинчивают дополнительную (контргайку), которую затягивают до отказа, при этом нижнюю гайку придерживают гаечным ключом; таким образом создают добавочное трение между резьбой болта или шпильки и резьбой гаек. Данный способ не устраняет полностью возможности самоотвинчивания.



**Стопорение шплинтом** (рис. , б) применяется в ответственных соединениях и в быстроходных машинах.

**Стопорение пружинными шайбами.** Эти шайбы благодаря своей упругости создают в резьбовом соединении натяг. При первом, еще малозаметном движении самоотвинчивания шайба острыми кромками прорези врезается в тело детали и в тело гайки, препятствуя дальнейшему самоотвинчиванию. Недостаток этих шайб в том, что они часто обламываются.

## Стопорение специальными средствами.

На рис. , в и г, показано стопорение при помощи специальных шайб, а на рис. 12.4, д – специальным замком.

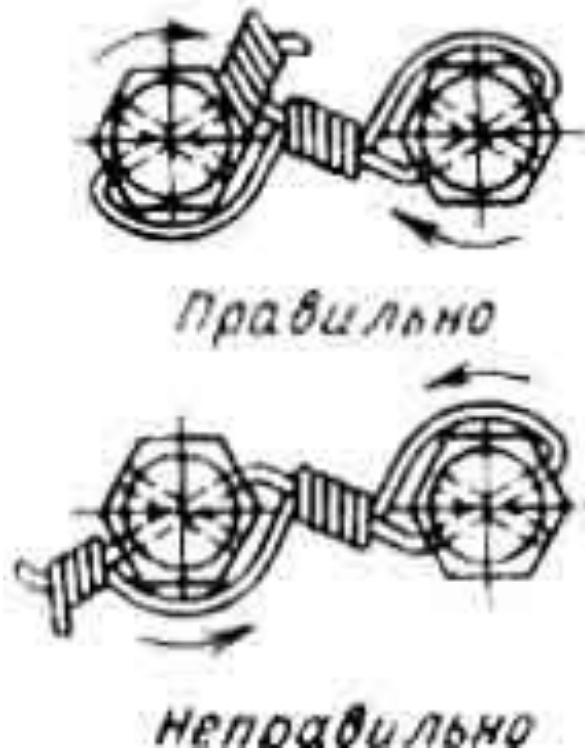


Рис. Стопорение болтов и гаек проволочной обвязкой

**Использованная литература:**

1. *Ремонт летательных аппаратов: Учебник для вузов гражданской авиации. А. Я. Алябьев, Ю. М. Болдырев, В. В. Запорожец и др.; Под ред. Н. Л. Голего. – 2-е изд., перераб. и доп.- М: Транспорт, 1984. – 422 с.*
2. *Бейлин. Л. А., Мейер А. А. Ремонт самолетов, вертолетов и авиационных двигателей. Учеб. пос. для сред. учеб. заведений ГА. – М.: Транспорт, 1966. – 428 с.*
3. *Петров Н. И. Производство и ремонт ракетного вооружения: Учебник. – Л.: ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1984. – 400 с.*
4. *Ингликов М. А. Ремонт технических систем. Л.: ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1978. – 322 с.*
5. *Горохов В. А., Лоцманов С. Н., Михайлов А. А., Петрунин И. Е. Авиационное ремонтное дело. Часть 1 и часть 2. Под ред. д.т.н. проф. А. А. Михайлова. М.: Военное издательство МО СССР, 1970.*
6. *A&P Technician. Airframe/ Texbook. Jeppesen Maintenance Mastery Realized. Jeppesen Sanderson, Inc. – Published in the Unated Stated of America Jeppesen Sanderson, Inc. 55 Inverness Drive East, Engleood, CO 80112-5498. – [www.jeppesen.com](http://www.jeppesen.com)*

Якущенко В.Ф. Ремонт воздушных судов: Учебное пособие  
/ СПбГУГА. С.-Петербург, 2008.