



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

## **Учебное пособие** по дисциплине

# **«ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ»**

Авторы  
Марченко Э.В.,  
Попов С.И.,  
Марченко Ю.В.,  
Донцов Н.С.,  
Иванов В.В.,  
Скудина А.А.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Разработано в соответствии с программой по дисциплине «Технические измерения на транспорте» и призвано способствовать решению важных задач при изучении данной дисциплины студентами. Состоит из пяти глав и базируется на известных работах и положениях ГОСТов.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

## Авторы

ассистент Марченко Э.В.  
к.т.н, доцент Попов С.И.  
к.т.н, доцент Марченко Ю.В.  
к.т.н, доцент Донцов Н.С.  
к.т.н, доцент Иванов В.В.  
ст.преп. Скудина А.А.





## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	<b>5</b>
<b>ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ИЗМЕРЕНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛА.....</b>	<b>16</b>
<b>ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ .....</b>	<b>16</b>
<b>3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСАДОК ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ</b>	
<b>СОПРЯЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРОМ .....</b>	<b>22</b>
<b>4. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ .....</b>	<b>31</b>
<b>5. ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ.....</b>	<b>41</b>
<b>Рекомендуемая литература .....</b>	<b>51</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>53</b>
Приложение 1.....	53
Приложение 2.....	66
Приложение 3.....	68
Приложение 4.....	72



## ВВЕДЕНИЕ

Современное автомобилестроение можно характеризовать как взаимозаменяемое производство, отличающееся высокой производительностью и точностью изготовления.

При взаимозаменяемом производстве сопрягаемые поверхности деталей изготавливаются часто не только разными людьми, но и на разных станках, в разных цехах, а иногда даже в разных городах и странах и в разное время. Такие возможности взаимозаменяемого производства обеспечиваются как наличием соответствующей документации, станков, приспособлений и режущего инструмента, так и наличием соответствующих измерительных средств, обеспечивающих измерение с необходимой точностью в разных местах, разными операторами, с заданной производительностью.

Основным видом измерений, осуществляемых в автомобилестроении, является измерение линейных и угловых размеров.



## 1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Метрология включает три взаимосвязанные проблемы: реализация процессов измерения; обеспечение их единства; методы и средства измерений.

Основными задачами метрологии являются:

- установление единиц физических величин;
- установление государственных эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка теории, методов и средств измерения и контроля;
- обеспечение единства измерений;
- разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Классификация методов измерения и контроля

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. При проведении технических измерений имеют место многократные измерения (наблюдения) и однократные.

Однократное измерение – измерение, выполненное наблюдателем один раз.

Многократное измерение – измерение одной и той же физической величины, результат которого получен из нескольких сле-

дующих друг за другом измерений (наблюдений), т.е. измерение, состоящее из ряда однократных измерений.

Любые измерения направлены на получение результата, т.е. оценки истинного значения физической величины в принятых единицах. Вследствие несовершенства средств и методов измерений, воздействия внешних факторов и многих других причин результат каждого измерения неизбежно отягощен погрешностью. При этом точность измерения тем выше, чем ближе результат измерения оказывается к истинному значению.

Принцип измерений – физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений. Например, измерение массы тела при помощи взвешивания с использованием силы тяжести, пропорциональной массе, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта.

Метод измерений – совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Средствами измерений являются используемые технические средства, имеющие нормированные метрологические свойства.

Классификацию видов измерения проводят исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов.

По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения выделяют статические и динамические измерения.

– Статические – это измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и других величин.

– Динамические – это измерения, в процессе которых измеряемая величина изменяется во времени, например, измерение давления и температуры при сжатии газа в цилиндре двигателя.

По способу получения результатов, определяемому видом уравнения измерений, выделяют прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

– Прямые – это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных. Прямые измерения можно выразить следующей формулой:

$$Q = X,$$

где  $Q$  – искомое значение измеряемой величины;  $X$  – значение, непосредственно получаемое из опытных данных.

Примерами таких измерений являются: измерение длины линейкой или рулеткой, измерение диаметра штангенциркулем или микрометром, измерение угла угломером, измерение температуры термометром и т.п.

– Косвенные – это измерения, при которых значение величины определяют на основании известной зависимости между искомой величиной и величинами, значения которых находят прямыми измерениями. Таким образом, значение измеряемой величины вычисляют по формуле

$$Q = F(x_1, x_2 \dots x_n),$$

где  $Q$  – искомое значение измеряемой величины;  $F$  – известная функциональная зависимость,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – значения величин, полученные прямыми измерениями.

Примеры косвенных измерений: определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения, измерение среднего диаметра резьбы методом трёх проволок и т.д. Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить прямым измерением. Встречаются случаи, когда величину можно измерить только косвенным путём, например размеры астрономического или внутриатомного порядка.

– Совместные – это измерения, производимые одновременно двух или нескольких разноименных величин для нахождения функциональной зависимости между ними. Примерами совместных измерений являются определение длины стержня в зависимости от его температуры или зависимости электрического сопротивления проводника от давления и температуры.

– Совокупные – это такие измерения, при которых значения измеряемых величин определяют по результатам повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Значение искомой величины определяют решением системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений. Примером совокупных измерений является определение массы отдельных гирь набора, т. е. проведение калибровки по известной массе одной из них и по результатам прямых измерений и сравнения масс различных сочетаний гирь.

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.д.) в выбранных единицах измерения (в машиностроении обычно в миллиметрах). Под размером элементов, образующих гладкие соединения, и аналогичных несопрягаемых элементов понимается: в цилиндрических соединениях – диаметр, в плоских – расстояние между параллельными плоскостями по нормали к ним.

Номинальный размер – основной размер, полученный на основе расчетов и указанный на чертеже. Он служит началом отчета отклонений и относительно его определяют предельные размеры.

Действительный размер – размер элемента, установленный измерением, с допустимой погрешностью.

Отклонение – разность между действительным и номинальным размерами.

Предельные отклонения – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться действительный размер.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

$$ES = D_{\max} - D;$$

$$es = d_{\max} - d,$$

где  $ES$ ,  $es$  – верхнее отклонение отверстия и вала соответственно.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

$$EI = D_{\min} - D;$$

$$ei = d_{\min} - d,$$

где  $EI$ ,  $ei$  – нижнее отклонение отверстия и вала соответственно.

Допуск  $T$  – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

Допуск – величина всегда положительная. Он определяет величину допустимого рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления.

При схематическом изображении полей допусков предельные отклонения размеров откладываются по вертикали в определенном масштабе от линии, условно соответствующей номинальному размеру, называемой нулевой линией (рис. 1.1):

$$T = D_{\max} - d_{\min}; \quad T = d_{\max} - D_{\min}$$

или  $T = ES - ei; \quad T = es - EI.$

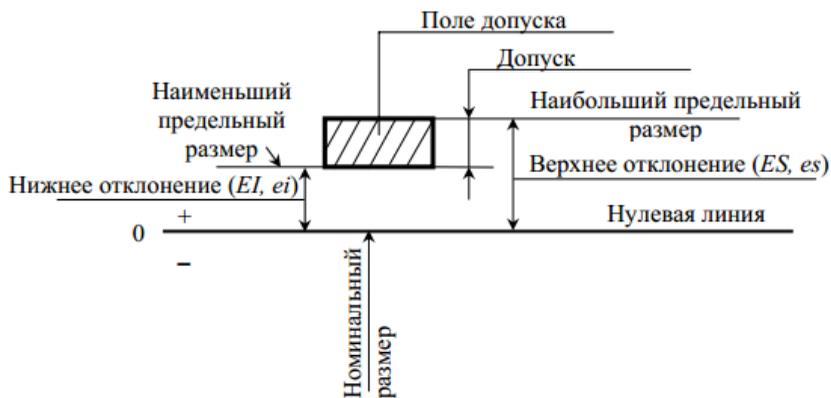


Рис. 1.1. Поле допуска

Поле допуска – поле между предельными отклонениями размера; определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру. При графическом изображении полей допусков и посадок от нее откладываются отклонения размеров:

- положительные отклонения – вверх от нее;

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

– отрицательные отклонения – вниз.

Квалитет (степень точности) – совокупность допусков, которые соответствуют одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Стандарт устанавливает 20 квалитетов: 01, 0, 1, 2, ... 18. В основном применяются квалитеты, начиная с 5-го.

Все вышеперечисленные элементы, относящиеся к отверстию, обозначаются прописными буквами, относящиеся к валу – строчными (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Наименование основных параметров измерения

Наименование параметра	Буквенное обозначение	
	Отверстие	Вал
Номинальный диаметр	D	d
Наибольший предельный диаметр	$D_{max}$	$D_{max}$
Наименьший предельный диаметр	$D_{min}$	$D_{min}$
Верхнее предельное отклонение	ES	es
Нижнее предельное отклонение	EI	ei
Допуск размера	TD	Td

Сопрягаемые поверхности – поверхности, по которым происходит соединение деталей. Остальные поверхности называются несопрягаемыми (свободными). В соответствии с этим различают размеры сопрягаемых и несопрягаемых (свободных) поверхностей.

В соединении деталей, входящих одна в другую, есть охватывающие и охватываемые поверхности. Для гладких цилиндрических и конических деталей охватывающая поверхность называется отверстием, охватываемая – валом, а соответствующие размеры – диаметром отверстия и диаметром вала. Наибольшие и наименьшие диаметры отверстия и вала обозначаются соответственно  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  и  $d_{max}$ ,  $d_{min}$ .

По форме сопрягаемых поверхностей деталей различают:

- а) гладкие цилиндрические и конические соединения;
- б) плоские соединения;
- в) резьбовые и винтовые соединения;
- г) зубчатые цилиндрические, конические, волновые, винтовые, гипоидные передачи;
- д) шлицевые соединения;
- е) сферические соединения.

По степени свободы взаимного перемещения деталей различают:

- а) неподвижные неразъёмные соединения;
- б) неподвижные разъёмные соединения;
- в) подвижные соединения.

В зависимости от эксплуатационных требований сборку соединений осуществляют с различными посадками.

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нём зазоров или натягов. Посадка характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения или степень сопротивления взаимному смещению соединяемых деталей. Тип посадки определяется величиной и взаимным расположением полей допусков отверстия и вала.

Посадки разделяются на три группы: с зазором, натягом и переходные посадки. Если размер отверстия больше размера вала, то разность их называется зазором; если размер вала больше размера отверстия, то их разность называется натягом. В расчётах натяг может быть выражен как отрицательный зазор.

Различают предельный наибольший  $S_{\max}$  и наименьший

$S_{\min}$  зазоры, определяемые по формулам:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}.$$

Аналогично различают наибольший  $N_{\max}$  и наименьший

$N_{\min}$  натяги, которые подсчитывают по формулам:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}.$$

Посадками с зазором (подвижными посадками) называются такие, в которых между сопрягаемыми поверхностями имеется зазор, обеспечивающий возможность относительного перемещения собранных деталей (рис. 1.2, а). Они разделяются на посадки с гарантированным зазором и посадки с наименьшим зазором, равным нулю.

Для посадок с зазором поле допуска отверстия (на схеме) расположено над полем допуска вала.

Посадками с натягом называются такие, у которых между сопрягаемыми поверхностями до сборки имелся гарантированный натяг, обеспечивающий взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Для посадок с натягом поле допуска вала (на схеме) расположено над полем допуска отверстия (рис. 1.2, б).

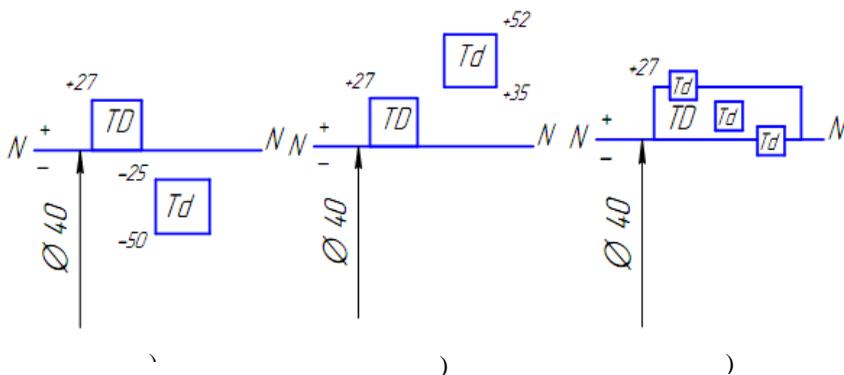


Рис. 1.2. Расположение полей допусков:  
 а – при посадке с зазором; б – при посадке с натягом;  
 в – при переходных посадках

Переходными называются такие посадки, при осуществлении которых в собранной паре могут получаться как натяги, так и за-

зоры. Для этих посадок поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются (рис. 1.2, в).

Допуском посадки  $TS(TN)$  называется разность между наибольшим и наименьшим допустимыми зазорами (допуск зазора в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допустимыми натягами (допуск натяга в посадках с натягом):

$$TS = S_{\max} - S_{\min} ;$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min} .$$

В переходных посадках допуск посадки определяется суммой наибольшего натяга и наибольшего зазора:

$$TN(S) = TD + Td .$$

Измерительные средства.

Основные понятия и классификация

Измерительные средства – это технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства. Измерительные средства подразделяются на эталоны, меры, измерительные приборы, установки, системы и преобразователи.

Эталоны – это средства, официально утвержденные и обеспечивающие воспроизведение и (или) хранение единицы физической величины с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений.

По уровню признания различают международные и национальные эталоны.

Первичный эталон – это эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы (шкалы) с наивысшей в стране точностью (по сравнению с другими эталонами той же единицы). Государственным называется первичный эталон – эталон, официально утвержденный в качестве исходного, т.е. наиболее точного для страны.

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы физической величины путем сличения с первичным эталоном той же единицы. При большом объеме поверочных работ создаются эталоны – копии, которые имеют тот же ранг вторичных этало-

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

нов. Рабочим называется вторичный эталон, применяемый для непосредственной передачи размера единицы физической величины образцовым средствам измерения.

Меры – средства измерений, воспроизводящие единицу измерения, либо дробное или кратное ее значение. Меры подразделяются на штриховые, концевые, меры массы, меры индуктивности и т.д.

Измерительные приборы – средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. В зависимости от формы представления информации различают аналоговые и цифровые приборы. Аналоговым называется измерительный прибор, показания которого являются непрерывной функцией измеряемой величины, например, стрелочный вольтметр, ртутно-стеклянный термометр, гладкий микрометр и т.д. В цифровом приборе осуществляется преобразование аналогового сигнала измерительной информации в цифровой код и результат измерения отражается на цифровом табло: цифровые штангенциркули, цифровые вольтметры, частотомеры и т.д.

Измерительные приборы классифицируются:

1) по назначению: на универсальные, предназначенные для измерения одноименных физических величин различных изделий; специализированные, для измерения изделий определенного типа, например, зубчатых колес, либо определенных параметров изделия, например, шероховатости поверхности;

2) по конструкции: на штриховые с нониусом; микрометрические, основанные на принципе действия винтовой пары; рычажно-механические (с зубчатыми, рычажно-зубчатыми и пружинными механизмами); оптико-механические; электрические (электроконтактные, электроиндуктивные, емкостные, токовых реле, фото-электрические); лазерные; приборы и устройства технического зрения; бесшкальные контрольные инструменты;

3) по степени механизации: ручного действия; механизированные; полуавтоматы и автоматы.

Основные параметры средств измерения и контроля

Длина деления шкалы ( $a$ ) – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы.

Цена деления шкалы ( $c$ ) – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Чувствительность прибора определяется отношением сигнала на выходе прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины. Абсолютную чувствительность прибора определяют по формуле:  $S = a/c$ .

Диапазон показаний – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности прибора.

Предел измерений – наибольшее и наименьшее значения диапазона измерений.

Вариация показаний – разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к ней со стороны меньших и больших значений измеряемой величины.

Измерительное усилие прибора – сила, создаваемая прибором при контакте с изделием и действующая по линии измерения. Оно обычно вызывается пружиной, обеспечивающей контакт чувствительного элемента прибора, например, измерительного накопечника, с поверхностью измеряемого объекта. При деформации пружины происходит изменение усилия: разность между наибольшим и наименьшим значениями – максимальное колебание измерительного усилия.

Стабильность средства измерения – качество средства измерения, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств.

Предел допустимой погрешности средства измерения – наибольшее значение погрешности средства измерения, устанавливаемое нормативным документом для средств измерений данного типа, при котором оно признается годным к применению.

## 2. ИЗМЕРЕНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛА ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ

Штангенинструменты – это обобщенное название средств разметки и измерений наружных и внутренних размеров. Штангенинструменты представляют собой показывающие приборы прямого действия, у которых размер изделия определяется по положению измерительной рамки, перемещающейся вдоль штанги со штриховой шкалой.

Штангенинструменты изготавливают:

- с отчетом по нониусу, цена деления которого составляет 0,1 или 0,05 мм;
- с отчетом по круговой шкале, цена деления которой равна 0,02 или 0,05 мм (для штангенциркулей допускается 0,1 мм);
- с цифровым отчетным устройством с шагом дискретности 0,01 мм.

Штангенинструменты с отсчетом показаний по нониусу просты по конструкции и наиболее распространены на производстве. К основным штангенинструментам относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы и штангензубомеры.

Штангенциркуль – универсальный инструмент, предназначенный для измерений наружных и внутренних размеров, а также глубин отверстий (рис. 2.1).

На рис. 2.2 показан штангенциркуль с электронным цифровым отсчетом.

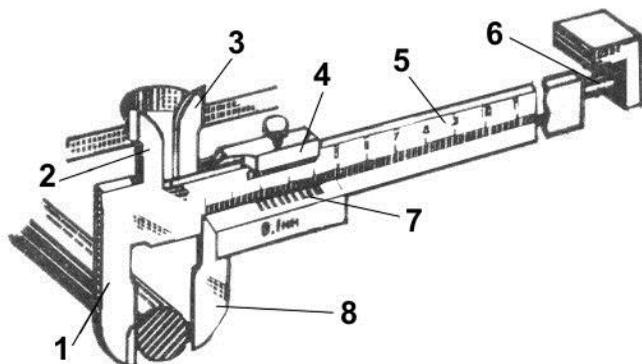


Рис. 2.1. Штангенциркуль

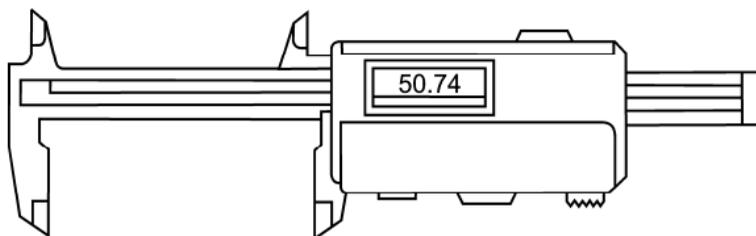


Рис. 2.2. Штангенциркуль с электронным цифровым отсчетом

Штангенциркуль состоит из штанги с неподвижными губками 1 и 2, по которой перемещается рамка 4 с подвижными губками 3 и 8. Рамку можно закреплять в нужном положении стопорным винтом. На штанге 5 нанесены деления, которые образуют миллиметровую шкалу. Цена ее деления 1 мм. Длина миллиметровой шкалы 150 мм. В конце миллиметровой шкалы штангенциркуля располагается измерительная линейка 6.

На подвижных губках нанесена вспомогательная шкала, называемая нониусом 7 (см. рис. 2.1). Шкала разделена на 10 равных частей, а вся длина нониусной шкалы составляет 19 мм.

Значит, длина каждой части равна 1,9 мм. Эта величина является ценой деления нониуса (рис. 2.3).

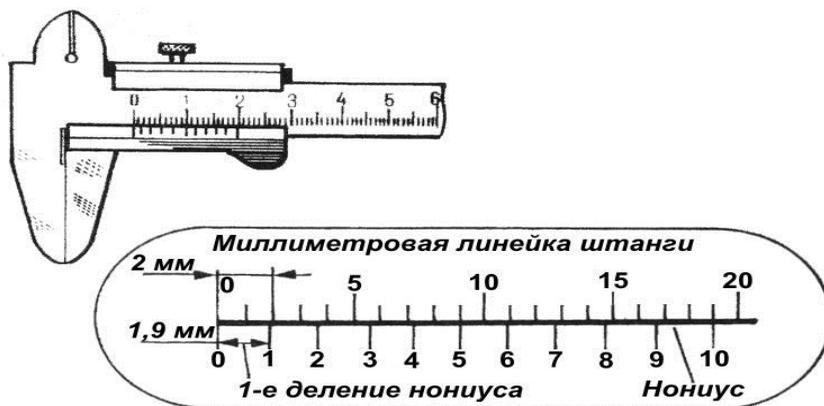


Рис. 2.3. Шкала нониуса

#### Методика измерения штангенциркулем

При измерении штангенциркулем целое число миллиметров отсчитывают по миллиметровой шкале до нулевого штриха нониуса, а десятые доли миллиметра – по шкале нониуса начиная от нулевой отметки до той риски, которая совпадает с какой-либо риской миллиметровой шкалы. На рис. 2.4 показано положение шкал штангенциркуля при отсчёте размеров.

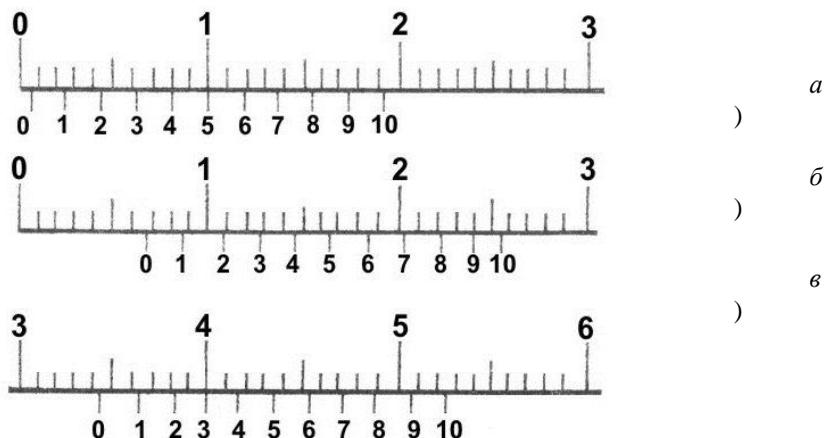


Рис. 2.4. Положение шкал:  
 а – 0,5 мм; б – 0,1 мм; в – 0,03 мм

#### Порядок выполнения измерения

Цель – приобретение навыков пользования штангенциркулем, определение годности деталей (соответствие чертежу).

Средства измерения и измеряемые объекты:

а) ступенчатый вал и его чертеж;

б) штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм и пределами измерения 0...150 мм;

Требуется путем измерения вала выявить соответствие между его фактическими размерами и предельными, допускаемыми по ГОСТ 25347–82 (прил. 1).

1. Выполнить эскиз детали согласно рабочему чертежу (рис. 2.5).

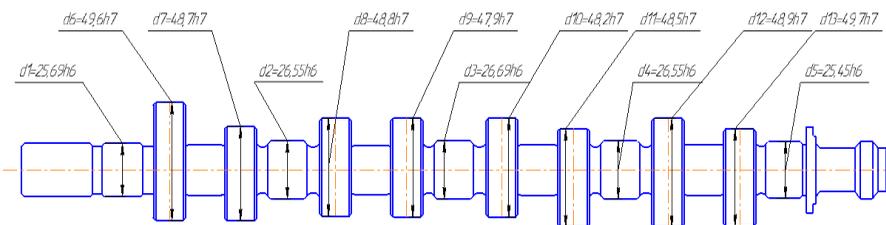


Рис. 2.5. Рабочий чертеж деталей

2. В таблицу отчета выписать из ГОСТ 25347–82 предельные допускаемые отклонения для всех размеров, указанных на рабочем чертеже детали (см. прил. 1).

3. Подсчитать предельные размеры, допуски размеров и результаты занести в соответствующие графы таблицы отчета.

4. Произвести выбор измерительных средств для измерения каждого размера.

5. Определить действительные размеры всех диаметров и длин измеряемой детали с помощью выбранных измерительных средств.

Основные приемы измерительных операций с помощью штангенциркуля показаны на рис. 2.1.

Измерение каждого размера производить в трех положениях инструмента по отношению к детали, расположенных под углом  $120^\circ$  одно к другому.

6. Среднее арифметическое значение по трем измерениям одного размера принять за действительный размер, сравнить его с предельными допустимыми по ГОСТ 25347–82 (см. прил. 1) и сделать вывод о качестве исполнения данного размера («годный», «брак исправимый», «брак окончательный»). Аналогичное заключение сделать по каждому размеру.

7. Вычертить схему расположения полей допусков для трех размеров (по указанию преподавателя), проставить на них число-

вые значения предельных отклонений, номинального, предельных и действительного размеров.

В качестве примера рассмотрим построение поля допуска для размера вала  $d = 16\ h8$  (рис. 2.6).

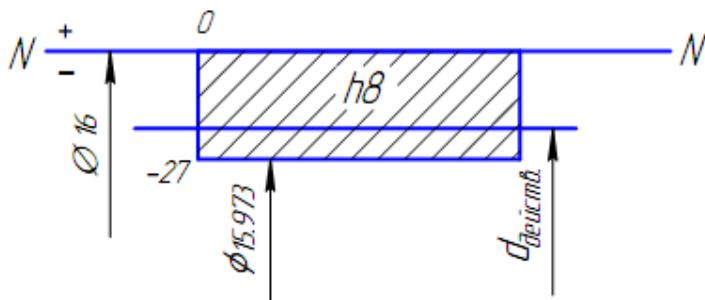


Рис. 2.6. Схема расположения поля допуска

Данный размер выполнен по 8-му качеству с основным отклонением  $h$ . Из ГОСТ 25347-82 для 8-го качества, номинального размера 16 мм, лежащего в интервале размеров «свыше 10 до 18 мм», и основного отклонения  $h$  верхнее отклонение равно нулю, а нижнее – минус 27 мкм (см. прил. 1). От нулевой линии  $N-N$  в определенном масштабе откладываем значения предельных отклонений (в микрометрах), предельные размеры (в мм), которые равны 16 и 15,973 мм, и значение действительного размера.

Если действительный размер вала лежит между допускаемыми размерами 16 и 15,973, то деталь «годная», если размер больше 16 мм – «брак исправимый», если же размер меньше 15,973 – «брак окончательный».

Если номинальный размер детали лежит на границе двух интервалов, то его предельные отклонения находятся по интервалу меньших размеров.

8. Дать краткую характеристику инструментов, использованных при выполнении работы (название инструмента, цена деления, пределы измерения).

9. Результаты измерения занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты измерения

Обозначение размера по эскизу	Размер, указанный на эскизе	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мм		Допуск, мкм	Измерительный инструмент	Действительный размер, мм	Заключение о годности размера
		Наибольший	Наименьший	Наибольший	Наименьший				
$d_1$									
$d_2$									
$d_3$									
...									
$d_n$									

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСАДОК ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРОМ

К микрометрическим инструментам относятся: микрометры, микрометрические глубиномеры. Все эти инструменты основаны на применении микрометрических винтовых пар, а их конструктивное исполнение разнообразно.

Из всех микрометрических инструментов в производстве наиболее широко используются гладкие микрометры МК с диапазоном измерений 0...25, 25...50, 50...75, 75...100 мм и т.д., предназначенные для измерения наружных размеров изделий, и микрометрические нутромеры с диапазоном измерений 50...75, 75...150,



75...600 мм и т.д., предназначенные для измерения внутренних размеров деталей. Цена деления этих инструментов составляет 0,01 мм.

Микрометр – универсальный инструмент (прибор), предназначенный для измерений линейных размеров абсолютным или относительным контактным методом в области малых размеров с низкой погрешностью (от 2 до 50 мкм в зависимости от измеряемых диапазонов и класса точности), преобразовательным механизмом которого является микропара винт–гайка.

#### Методика измерения микрометром

Перед измерением необходимо тщательно протереть измерительные плоскости микрометра – торец микрометрического винта 3 и торец пятки 2, запрессованной в скобу 1; проверить плавность хода микровинта и нулевую установку (рис. 3.1). Для микрометра с пределом измерения 25...50 мм измерительные плоскости микрометра приводят в соприкосновение с эталоном длиной 25 мм. Если нулевая установка сбита, следует вновь протереть измерительные поверхности, привести их в соприкосновение под усилием трещотки 8, закрепить микровинт 3 стопором 4 и осторожно отвернуть установочный колпачок 7 на пол-оборота. При этом барабан 6 освобождается; вращая его, совместить нулевой штрих с продольной линией стебля 5. После этого барабан закрепить колпачком 7.

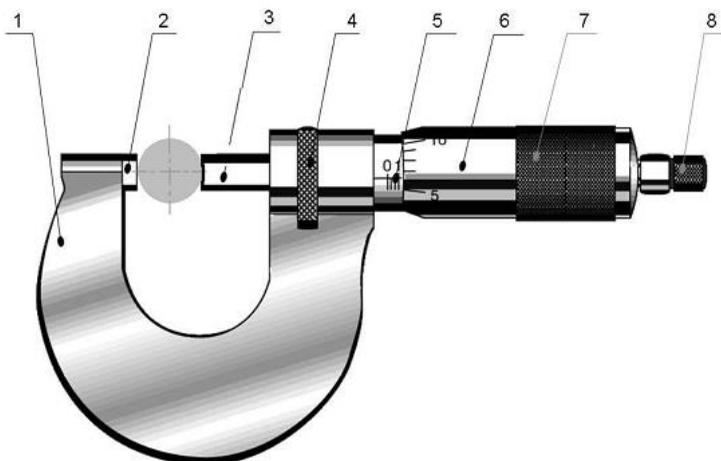


Рис. 3.1. Микрометр

Измерение микрометром производят, пользуясь трещоткой. Использование барабана для подвинчивания микровинта не допустимо. Не следует пользоваться микрометром с застопоренным микровинтом как жесткой скобой.

Выбор измерительного средства для каждого размера производится в зависимости от величины допуска, установленного для данного размера, и от конструкции детали, руководствуясь тем, что предельная погрешность метода измерения не должна превышать 20...30 % величины допуска на данный размер.

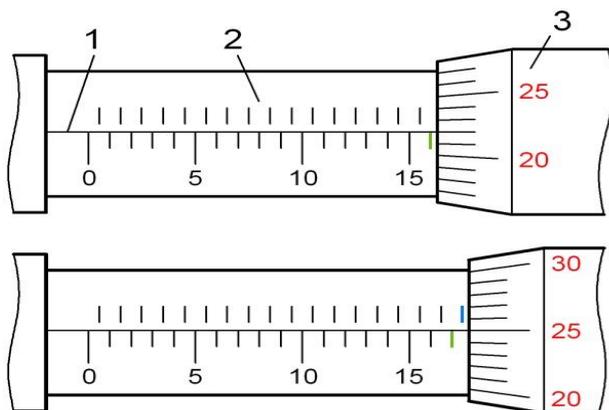


Рис. 3.2. Отсчет по шкалам микрометра

Указателем при отсчете по шкале 2 стебля служит торец барабана, а продольный штрих 1 является указателем для круговой шкалы 3. Пронумерованная шкала стебля показывает количество миллиметров, а его дополнительная шкала служит для подсчета половин миллиметров.

Последний полностью открытый барабаном штрих миллиметровой шкалы стебля является его значением, которое составляет целое число миллиметров. Если правее этого штриха имеется открытый штрих дополнительной шкалы, нужно прибавить 0,5 мм к полученному значению.

При отсчете показаний круговой шкалы 3 в расчет берут то её значение, которое совпадает с продольным штрихом 1.

Таким образом, на верхнем изображении показания прибора составляют:

– на рис. 2,а:

$$16 + 0,22 = 16,22 \text{ мм};$$

– на рис. 2,б:

$$17 + 0,5 + 0,25 = 17,75 \text{ мм}.$$



Распространенной ошибкой является случай, когда неверно учитывают (или не учитывают) величину 0,5 мм. Это связано с тем, что ближайший к барабану штрих дополнительной шкалы может быть открыт частично.

Предельная погрешность измерения с помощью микрометра составляет 10 мкм; с помощью штангенциркуля и штангенглубиномера с ценой деления 0,05 мм составляет 80 мкм.

### Порядок выполнения измерения

Цель – приобретение практических навыков определения посадок сопряженных деталей по действительным размерам.

Средства измерения:

а) кольцо и вал, выполненные по различным посадкам в системе отверстия;

б) микрометр для измерения диаметров валов с ценой деления 0,01 мм и пределами измерения 0...25 мм;

в) штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм и пределами измерения 0...150 мм.

Требуется:

а) измерить диаметры вала и кольца;

б) сделать заключение о характере сопряжения вала с кольцом и указать посадку сопряжения;

в) построить поля допусков для выбранных посадок по ГОСТ 25347–82 (см. прил. 1).

1. Измерить наружный размер вала с помощью микрометра. Измерение производить в трёх точках среднего сечения валика. Результаты измерений записать в соответствующие графы таблицы. Среднее арифметическое этих результатов считать действительным размером валика.

2. Измерить внутренний диаметр кольца с помощью штангенциркуля. Результаты измерений занести в табл. 3.1

Таблица 3.1

Результаты измерений



Посадка	$D_{max}$	$D_{min}$	$D$	$d_{max}$	$d_{min}$	$d$	TD+Td	Зазоры		Натяги		Вид посадки
								$S_{max}$	$S_{min}$	$N_{max}$	$N_{min}$	
H8/f7												
F7/h6												

3. Назначить точность изготовления деталей, помня о том, что точность изготовления вала должна соответствовать точности изготовления отверстия или отклоняться ту или иную сторону не более чем на один номер качества. Затем из ГОСТ 25347-82 (см. прил. 1) в таблицу отчёта выписать для каждого действительного размера валов и отверстия, предельные отклонения для назначенных качеств точности.

Выбор предельных отклонений рассмотрим на конкретном примере.

Дано:

- номинальный размер сопряжения  $d (D) = 30$  мм;
- действительный размер вала  $d = 29,987$  мм;
- действительный размер отверстия  $D = 30,032$  мм.

Размеры получены в результате измерения деталей.

Определить предельные отклонения для вала и отверстия, используя ГОСТ 25347-82 (см. прил. 1), при условии годности действительных размеров.

Решение

На сетке с нулевой линией N–N указать действительные размеры (мм) для вала и отверстия. Номинальным размером для данного сопряжения является диаметр 30 мм (рис. 3.3).

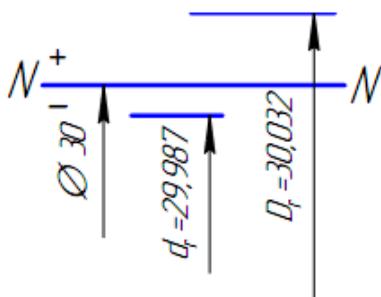


Рис. 3.3. Схема расположения номинального и действительных размеров (отклонений) соединения

Пусть отверстие выполнено по 7-му качеству точности, а вал – по 6-му.

Теперь в ГОСТ 25347-82 (прил. П1.1) найдём такое поле допуска для вала, чтобы действительный размер оказался внутри этого поля допуска. Так, для интервала размеров «свыше 24 до 30 мм» действительный размер вала войдёт в поле допуска g6 (верхнее отклонение « $-7$ », нижнее « $-20$ »), для которого наибольший предельный размер вала составляет 29,993 мм, а наименьший – 29,980.

Аналогично определяется и поле допуска для отверстия. Для данного действительного размера отверстия подходящим оказалось поле допуска F7 с верхним предельным отклонением « $+41$ » и нижним « $+20$ » (предельные размеры соответственно 30,041 и 30,020 мм). Вид полученной схемы расположения полей допусков показан на рис. 3.4.

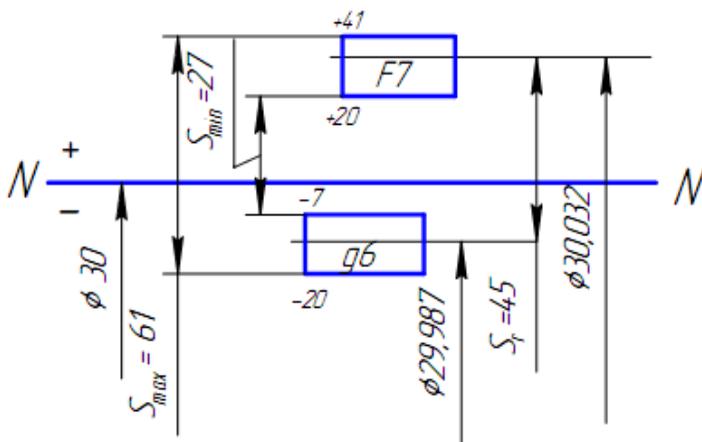


Рис. 3.4. Схема расположения полей допусков для заданного соединения

4. Построить схему расположения полей допусков выбранных посадок с указанием действительных размеров деталей сопряжений (рис. 3.5).

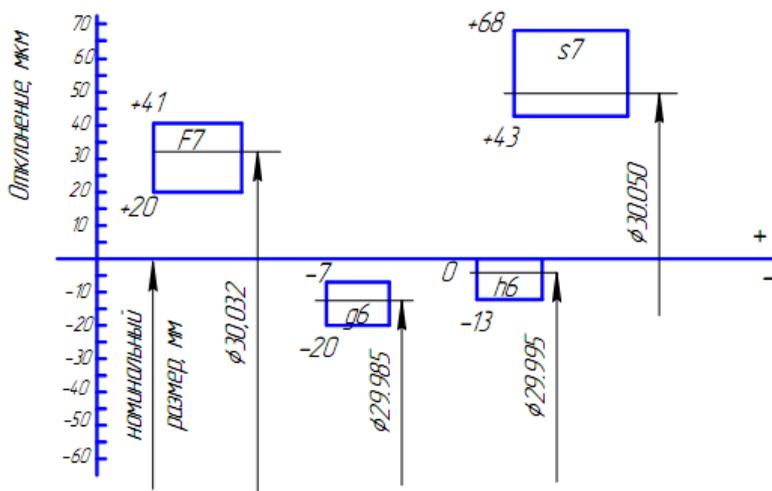


Рис. 3.5. Схема расположения полей допусков выбранных посадок

5. Сравнивая действительные размеры сопрягаемых деталей, а также допускаемые размеры, сделать заключение о характере сопряжения каждого вала с кольцом. Так, например, получаем посадку с гарантированным зазором, так как  $d_{\max} < D_{\min}$ . Обозначение посадки  $\varnothing 30$  F7/g6.

Параметры посадки:

– наибольший зазор:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = 41 - (-20) = 61 \text{ мкм};$$

– наименьший зазор:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 20 - (-7) = 27 \text{ мкм}.$$

– допуск посадки:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 34 \text{ мкм}.$$

Соединение заданных деталей имеет зазор:

$$S_r = D_r - d_r = 30,032 - 29,987 = 0,045 \text{ мм}.$$

## 4. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ

Калибрами называются бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для проверки размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей. Калибры относятся к одномерным инструментам, так как измерительные части калибров в процессе измерения не меняются.

Калибры подразделяются на две группы: нормальные и предельные.

Нормальные калибры изготавливаются по номинальному размеру проверяемой детали и имеют измерительную часть, равную среднедопускаемому размеру измеряемой детали. Нормальный калибр должен входить в деталь с большей или меньшей плотностью.

Предельные калибры имеют размеры номинально равные предельным размерам измеряемой детали. Одна из сторон калибра соответствует наибольшему, а другая – наименьшему заданному предельному размеру. При измерении предельными калибрами проходная сторона должна входить в отверстие или надеваться на вал, а вторая сторона – непроходная – не должна входить в отверстие или надеваться на вал. Непроходная сторона калибра отличается от проходной стороны кольцевой выточкой на ручке или же меньшей длиной измерительной части. Непроходная сторона калибра делается укороченной, потому что она обычно не входит в проверяемое отверстие. С помощью предельных калибров определяют, вышли или не вышли действительные размеры деталей за установленные пределы.

В зависимости от проверяемых элементов деталей калибры подразделяются следующим образом:

- 1) для проверки отверстий;
- 2) проверки валов;
- 3) проверки резьб;
- 4) проверки конусных отверстий и др.

По назначению калибры делятся на рабочие, приемные и контрольные.

Калибры служат не для определения действительного размера деталей, а для рассортировки их на группы годности. Пределные калибры делятся на проходные и непроходные. При контроле годной детали проходной калибр (ПР) должен проходить, а непроходной (НЕ) проходить не должен. Проходной калибр отделяет годные детали от брака исправимого, а непроходной – от брака неисправимого. По конструкции калибры для контроля отверстий представляют собой пробки, а для контроля валов – скобы или кольца.

Назначение калибров:

- рабочие калибры (Р – ПР и Р – НЕ) применяются для проверки размеров изделий рабочими и ОТК завода – изготовителя;
- приемные калибры (П – ПР и П – НЕ) – для проверки размеров изделий представителями заказчика;
- контрольные калибры – для контроля размеров рабочих и приемных калибров или для установки регулируемых скоб.

Различают калибры однопределные (с проходной или с непроходной стороной) и двупределные (сочетающие проходную и непроходную стороны). Среди двупределных калибров различают односторонние (проходная и непроходная стороны последовательно расположены друг за другом на одном конце калибра) и двусторонние (проходная и непроходная стороны расположены на противоположных сторонах калибра).



Рис. 4.1. Калибр-пробка

В зависимости от формы контролируемой поверхности различают калибры гладкие, резьбовые, шлицевые, шпоночные, конусные и профильные. В массовом и серийном производствах наиболее распространен контроль размеров деталей гладкими калибрами. Гладкие калибры имеют гладкую рабочую поверхность: плоскую, цилиндрическую, коническую или сферическую (рис. 4.1).

#### Методика контроля размеров калибрами

Для контроля диаметров отверстий изготавливают два предельных калибра – пробки (см. рис. 4.1). Один из калибров – проходной (ПР) выполняют по диаметру, близкому к наименьшему предельному размеру контролируемого отверстия  $D_{min}$ , а другой калибр – непроходной (НЕ) – по диаметру, близкому к наибольшему предельному размеру отверстия  $D_{max}$  (рис. 4.2).

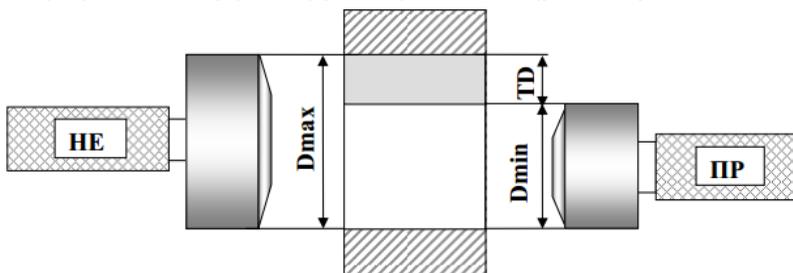


Рис.4.2. Контроль отверстий калибр-пробкой

Вывод о годности детали делают на основании того, что калибр-пробка ПР под действием собственной массы (или усилия, примерно равного ей) должна проходить, а калибр-пробка НЕ не должна проходить в контролируемое отверстие.

Для контроля валов изготавливают два предельных калибр-скобы (рис. 4.3). Калибр-скобу ПР выполняют по диаметру, близкому к наибольшему предельному размеру вала  $d_{max}$ , а калибр-

скобу HE – по диаметру, близкому к наименьшему предельному размеру вала  $d_{min}$ . Если калибр-скоба ПР пройдет по диаметру вала, а калибр-скоба HE не пройдет, то деталь считается годной по контролируемому размеру вала (рис. 4.4).

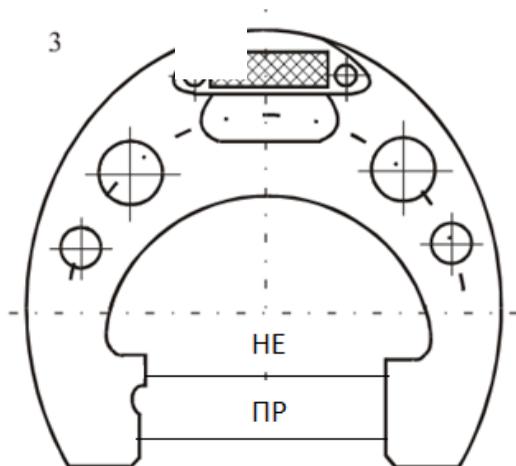


Рис. 4.3. Калибр-скоба

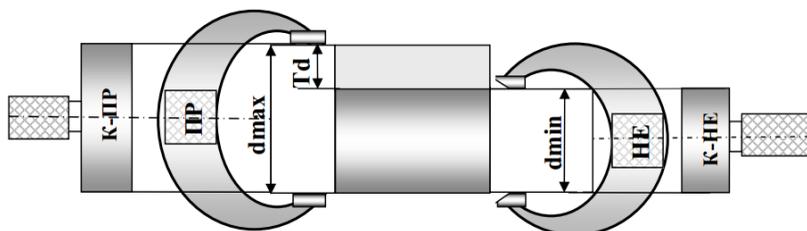


Рис. 4.4. Контроль вала калибр-скобой

Любое нарушение указанных условий годности при контроле диаметров отверстий и валов гладкими калибрами является основанием для вывода о негодности деталей, причем если оба ка-

либра ПР и НЕ не проходят, то деталь относят к бракованным, но исправимым. Если оба калибра ПР и НЕ проходят, то деталь относят к бракованным и неисправимым.

Калибр-скобы бывают нерегулируемые и регулируемые, последние позволяют в известных пределах перенастраивать свой размер для контроля несколько отличных предельных размеров или же для компенсации износа измерительных поверхностей скобы.

К калибрам предъявляют ряд метрологических, конструктивных, технологических и эксплуатационных требований. Метрологические требования сводятся к соблюдению принципа Тейлора, согласно которому проходной калибр должен быть по возможности полным, а непроходной, наоборот, должен иметь точечный контакт с контролируемой деталью.

Важное метрологическое и эксплуатационное значение имеет усилие введения пробки в деталь или надевания скобы на нее. Чрезмерное усилие вызывает проникновение бракованных деталей в годные, а кроме этого, ускоренный износ калибров, используемых при этом как обрабатывающий инструмент. Практическое правило введения калибра под действием его силы тяжести для скоб – при горизонтальной оси контролируемой детали пригодно лишь в первом приближении и только для средних размеров. Для малых размеров сила тяжести калибра недостаточна, для больших – чрезмерна. Поэтому рекомендуется регламентировать это усилие и обучать рабочих и персонал ОТК обеспечивать его с достаточной точностью на ощупь.

Другая погрешность контроля калибрами связана с их тепловыми деформациями. При нагревании скоб руками контролера возникает погрешность, составляющая существенную часть в общей погрешности контроля. При обеспечении надежной изоляции от тепла рук происходит заметное уменьшение погрешности. У стандартных скоб для диаметров, начиная с 10 мм, предусмотрены пластмассовые накладки.

Измерительные поверхности калибров изготавливают из инструментальной стали (хромистой или иной), закаленной до высокой твердости, подвергают хромовому износостойчивому покры-

тию; используют и твердосплавные вставки. Оснащение рабочих поверхностей калибров твердым сплавом марки ВК6 или ВК6М повышает их износостойкость в десятки раз. Основная причина снижения износостойкости калибров – истирание измерительных поверхностей в процессе их эксплуатации.

Одной из причин потери калибрами своих размеров является естественное их старение, т.е. свойство закаленных стальных деталей с течением времени изменять размеры и форму. Для того чтобы довести эти изменения до возможного минимума, калибры в процессе изготовления подвергают искусственному старению. С этой целью производится нагрев рабочих частей калибров при температуре 130...150 °С в течение 2...3 часов между операциями предварительного и окончательного их шлифования.

Порядок выполнения измерения

Цель – изучение сущности контроля деталей гладкими калибрами и методики расчета их предельных и исполнительных размеров.

Средства измерения:

- а) калибр-пробка;
- б) калибр-скоба;
- в) штангенциркуль с ценой деления 0,05 и пределами измерения 0...150 мм;
- г) микрометр для измерения диаметров валов с ценой деления 0,01 и пределами измерения 0...25 мм;

Требуется:

а) разработать и рассчитать калибр пробки (скобы) для контроля отверстия (вала);

б) спроектировать контрольное приспособление.

1. Измерить внутренний диаметр кольца с помощью штангенциркуля, для определения номинального размера калибр-пробки.

2. Измерить наружный размер вала с помощью микрометра, для определения номинального размера калибр– скобы.



отклонение непроходного калибра Р-НЕ – от наибольшего предельного размера отверстия  $d_{\text{наиб}}^{\text{оте}}$ .

Для валов отклонение проходных калибров Р-ПР отсчитывается от наибольшего предельного размера валов  $d_{\text{наиб}}^{\text{вал}}$ ; отклонение непроходных калибров Р-НЕ – от наименьшего предельного размера вала  $d_{\text{наим}}^{\text{вал}}$ .

Определение предельных размеров:

– отверстия  $\varnothing 50 \text{ H}11(+0,17)$ :

$$d_{\text{наим}}^{\text{оте}} = D_{\text{min}} = 50 + 0 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{\text{наиб}}^{\text{оте}} = D_{\text{max}} = 50 + 0,17 = 50,17 \text{ мм};$$

– вала  $\varnothing 50 \text{ h}11(-0,17)$ :

$$d_{\text{наиб}}^{\text{вал}} = d_{\text{max}} = 50 + 0 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{\text{наим}}^{\text{вал}} = d_{\text{min}} = 50 - 0,17 = 49,83 \text{ мм}.$$

4. В соответствии с предельными значениями размеров изделий выбрать по справочнику отклонения (допуски) калибров. Допуски и отклонения калибров по ГОСТ 24853-81 (прил. 2).

5. Произвести расчет и проектирования в соответствии с табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1

Расчет калибра-пробки для отверстий

Калибр	Номинальный размер калибра	Исполнительный размер калибра	Средне вероятностный износ $U_{\text{ср}}$	Износ рабочим	Износ цеховым контроллером
Проходная сторона (ПР)	$D_{\text{min}}$	$\left( D_{\text{min}} + Z + \frac{H}{2} \right)_{-H}$	$Z+Y$	$D_{\text{min}} - Y + 30\%U_{\text{ср}}$	$D_{\text{min}} - Y$
Непроходная сторона (НЕ)	$D_{\text{max}}$	$\left( D_{\text{max}} + \frac{H}{2} \right)_{-H}$	–	–	–

Таблица 4.2

Расчет калибра-скобы для валов

Калибр	Номинальный размер калибра	Исполнительный размер калибра	Средневероятностный износ $U_{ср}$	Износ рабочим	Износ цеховым контроллером
Проходная сторона (ПР)	$d_{max}$	$(d_{max} - Z_1 - \frac{H_1}{2})^{+H_1}$	$Z_1 + Y_1$	$d_{max} - 30\% U_{ср}$	$d_{max} + Y_1$
Непроходная сторона (НЕ)	$d_{min}$	$(d_{min} - \frac{H_1}{2})^{+H_1}$	—	—	—

Согласно ГОСТ 24853-81 (см. прил. 2) для отверстия  $\varnothing 50H11(+0,17)$  получим:

$Z = 22$  мкм;  $Y = 0$ ;  $H = 11$  мкм.

Пробка ПР (рис. 4.6):

– исполнительный размер пробки ПР:

$$(50 + 0,022 + 0,0055)_{-0,011} = 50,0275_{-0,011} \text{ мм};$$

– средневероятностный износ:

$$U_{ср} = 0,022 \text{ мм};$$

– износ рабочим допустим до размера:

$$50 - 0 + 30\% \cdot 0,022 = 50,0066 \text{ мм};$$

– износ цеховым контроллером допустим до размера:

$$50 - 0 = 50 \text{ мм}.$$

Пробка НЕ:

– исполнительный размер пробки НЕ (рис. 4.6):

$$(50,17 + 0,0055)_{-0,011} = 50,1755_{-0,011} \text{ мм}.$$

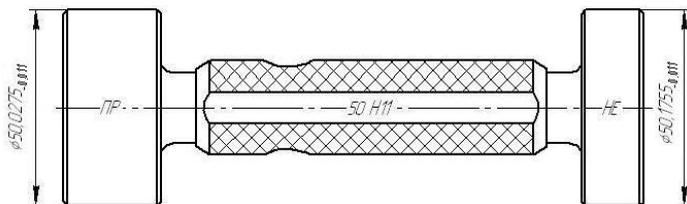


Рис. 4.6. Калибр пробки

Расчет калибра-скобы для валов

Согласно ГОСТ 24853-81 (см. прил. 2) для вала  $\phi 50h11(-0,17)$ , получим:

$Z1 = 22$  мкм;  $Y1 = 0$ ;  $H1 = 11$  мкм.

Скоба ПР (рис. 4.7):

– исполнительный размер скобы ПР:

$$(50 - 0,022 - 0,0055)^{+0,011} = 49,9725^{+0,011} \text{ мм};$$

– средневероятностный износ:

$U_{\text{ср}} = 0,022$  мм;

– износ рабочим допустим до размера:

$$50 - 30\% \cdot 0,022 = 49,9934 \text{ мм};$$

– износ цеховым контроллером до размера:

$$50 + 0 = 50 \text{ мм}.$$

Скоба НЕ:

– исполнительный размер скобы НЕ (рис.4.7):

$$(49,83 - 0,0055)^{+0,011} = 49,8245^{+0,011} \text{ мм}.$$

мм.

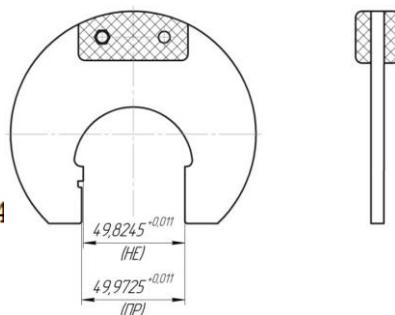


Рис. 4.7. Калибр скобы

## 5. ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ

Резьба – чередующиеся выступы и впадины на поверхности тел вращения, расположенные по винтовой линии.

Наиболее распространённым видом резьбовых соединений, используемых в современных изделиях машиностроения и приборостроения являются метрические крепёжные резьбы. В зависимости от расположения резьбовых поверхностей резьбы подразделяются на внутренние (гайки, гнёзда, муфты, и т.д.) и наружные (болты, винты, шпильки и т.д.). На рис. 5.1 изображены схемы внутренней резьбы (гайки), наружной резьбы (болта) и их соединение.

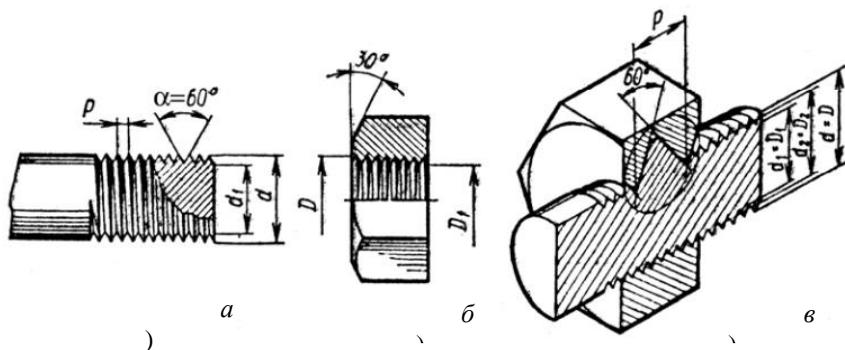


Рис. 5.1. Схемы резьбовых соединений:  
 а, б – наружная и внутренняя резьбы соответственно;  
 в – соединение болта с гайкой

Основные параметры резьб:

- наружный диаметр  $D(d)$ ;
- внутренний диаметр  $D_1(d_1)$ ;
- средний диаметр  $D_2(d_2)$ ;
- шаг  $P$ ;
- угол профиля  $\alpha$ , равный  $60^\circ$ .

При этом номинальные значения указанных параметров для внутренней и наружной резьб, если они образуют соединение, принимаются одинаковыми.

Наружный диаметр ( $D$  для гайки,  $d$  для болта) – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг впадин внутренней резьбы или выступов наружной. Размер наружного диаметра  $D(d)$  является номинальным размером резьбы.

Внутренний диаметр ( $D_1$  для гайки,  $d_1$  для болта) – это диаметр воображаемого цилиндра, вписанного в выступы внутренней резьбы или во впадины наружной.

Средний диаметр ( $D_2$  для гайки,  $d_2$  для болта) – это диаметр воображаемого цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы таким образом, что ширина впадины резьбы, измеренная вдоль этой образующей, равна ширине витка.

Шаг резьбы  $P$  – это расстояние между соседними одноимёнными боковыми сторонами витков резьбы по линии, параллельной её оси.

Угол профиля  $\alpha = 60^\circ$  – это угол между смежными боковыми сторонами профиля резьбы в осевой плоскости. Для резьб с симметричным профилем, к которым относятся метрические крепёжные резьбы, нормируют и измеряют половину угла профиля  $\alpha / 2 = 30^\circ$ . Это позволяет выявить возможную несимметричность профиля из-за неточной установки инструмента и детали при нарезании резьбы.

Профиль метрической крепёжной резьбы для диаметров от 0,25 до 600 мм представляет собой равносторонний треугольник с плоскими срезами, выполненными на расстояниях  $H/8$  и  $H/4$  (соответственно по наружному и внутреннему диаметрам) от вершин исходного профиля, где  $H$  – высота исходного профиля (рис. 5.2).

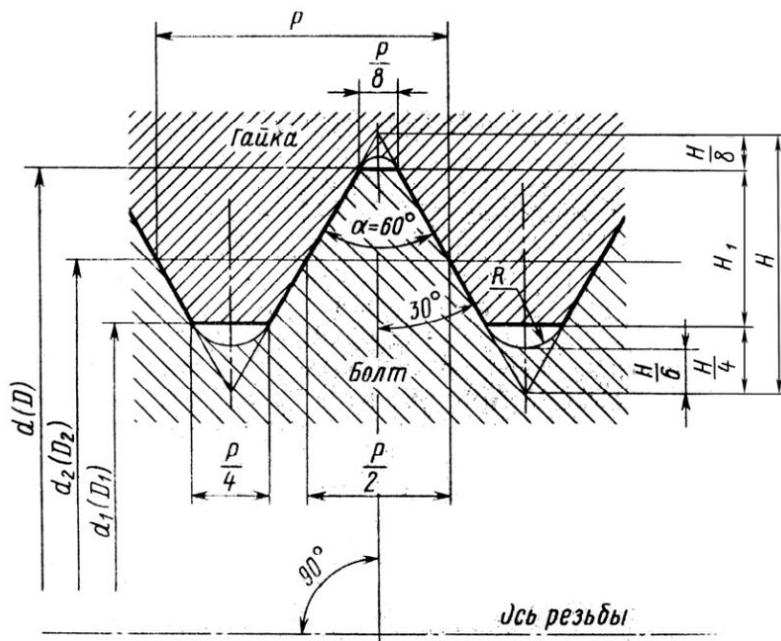


Рис. 5.2. Профиль и параметры метрической крепёжной резьбы

Высота исходного профиля, как высота равностороннего треугольника, равна  $H \approx 0,866P$ . Рабочая высота профиля  $H_1 \approx 0,541P$ .

Форма впадины наружной резьбы (болта) может быть плоскосрезанной, либо закруглённой с номинальным радиусом закругления  $R \approx 0,144P$ . Форма впадин оказывает существенное влияние на сопротивление усталости и циклическую долговечность болтов, винтов и шпилек. При наличии закруглений уменьшается концентрация напряжений, а следовательно, повышаются сопротивление усталости и циклическая долговечность резьбовых деталей.

Форма впадин внутренней резьбы (гайки) не регламентируется. Как правило, она также имеет закругление, что связано с

причинами технологического характера (износом режущих лезвий инструментов или их специальной заточкой).

Метрические крепёжные резьбы бывают двух типов: с крупным шагом и с мелким шагом. У резьб с крупным шагом каждому наружному диаметру соответствует одно значение шага, определяемое зависимостью  $D(d) \approx 6P1,3$ .

У резьб с мелким шагом одному и тому же наружному диаметру соответствуют разные шаги. Так, например, при наружном диаметре резьбы  $D(d)=20$  мм крупный шаг составляет  $P=2,5$  мм. У резьб с мелким шагом при том же диаметре значения шагов могут быть равны: 2; 1,5; 1; 0,75 и 0,5 мм.

На чертежах метрические крепёжные резьбы обозначаются следующим образом: М 14 – резьба с наружным диаметром  $D(d)=14$  мм и крупным шагом  $P=2$  мм; М 14x1,5 – резьба с мелким шагом; М 14x1,5 LH – резьба с мелким шагом, левая.

В резьбовом соединении детали должны сопрягаться по боковым поверхностям витков резьбы (кроме трубных), поэтому основным параметром является средний диаметр. Допуски по наружному и внутреннему диаметрам исключают возможность защемления соединения по вершинам и впадинам резьбы. Наиболее распространены посадки с зазором.

ГОСТ 16093-81 (прил. 3, табл. П3.1) устанавливает следующие степени точности диаметров резьбы с зазорами: винтов в пределах 3...9 и гаек 4...8 (в порядке точности); соответственно поля допусков, определяющих посадку в резьбовом соединении: для наружной резьбы (резьбы болта) – d, e, f, g, h; для внутренней резьбы (резьбы гайки) – E, F, G, H; в порядке уменьшения зазоров.

Обозначение посадки резьбового соединения содержит дробь, в числителе которой указывают поле допуска внутренней резьбы, в знаменателе – поле допуска наружной резьбы.

Например: M12-6H/6g.

Переходные посадки по ГОСТ 24834-81 (см. прил. 2) предназначены для наружных резьб стальных деталей, сопрягаемых с

детальями из стали, чугуна, алюминиевых и магниевых сплавов. Для них рекомендуют следующие длины свинчивания:

Материал	Длина свинчивания
Сталь .....	$(1...1,25)d$
Чугун .....	$(1,25...1,5)d$
Алюминиевые и магниевые сплавы.....	$(1,5...2)d$

### Контроль и измерение резьбы

Для контроля элементов резьбы – шага, диаметров, формы профиля – применяются универсальные и специальные инструменты (рис. 5.3). Выбор того или иного инструмента зависит от типа резьбы и главным образом от ее точности. В первую очередь, контролируются шаг, средний диаметр и форма профиля и затем уже наружный и внутренний диаметры.

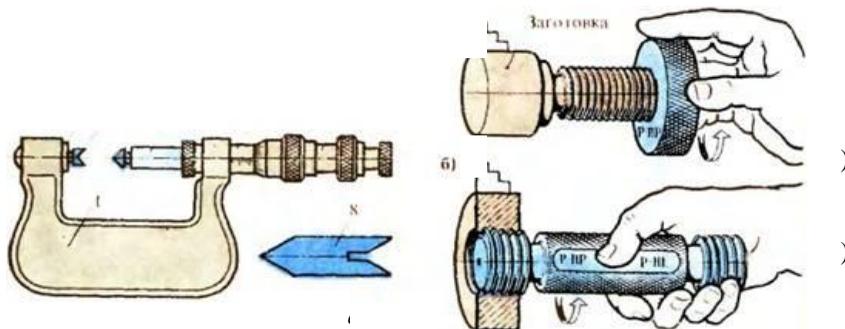


Рис. 5.3. Контроль параметров резьбы: а – резьбовым микрометром;  
б – резьбовым кольцом; в – резьбовой калибр-пробкой

Измерение шага резьбы. Измерительной линейкой или штангенциркулем определяют длину нескольких шагов резьбы и полученный результат делят на количество шагов.

Шаг как наружной, так и внутренней резьбы можно определить при помощи резьбомера (рис. 5.4). На каждой пластинке



нормального калибра служит для проверки диаметра отверстия под резьбу.

Проверка предельными резьбовыми калибрами. Точные резьбы контролируют с помощью предельных резьбовых калибров. Внутренняя резьба проверяется с помощью резьбового калибра-пробки. Проходной конец калибра должен полностью войти в резьбовое отверстие по всей его длине. Непроходной конец имеет 2...3 витка неполного профиля и не должен ввинчиваться в проверяемое отверстие.

Проверка профиля резьбы. Форма профиля резьбы проверяется шаблоном. В случае необходимости в очень точном контроле применяется специальные микроскопы.

Наружная резьба проверяется проходными резьбовыми кольцами, которые должны полностью навинчиваться на винт и зажиматься непроходной регулируемой скобой для проверки среднего диаметра. В массовом производстве для проверки наружной резьбы пользуются предельными резьбовыми скобами с двумя парами роликов.

Большой инструментальный микроскоп БМИ-1 (оптический микроскоп) (рис. 5.5) предназначен для измерения:

- в проходящем и отраженном свете наружных линейных размеров и диаметров валов до 150 мм в продольном направлении и до 50 мм в поперечном направлении;
- углов изделий до 360° по угломерной головке и столу;
- резцов, фрез, кулачков и другого инструмента, а также шаблонов любой формы и конфигурации, габариты которых позволяют установить их на измерительном столе микроскопа.

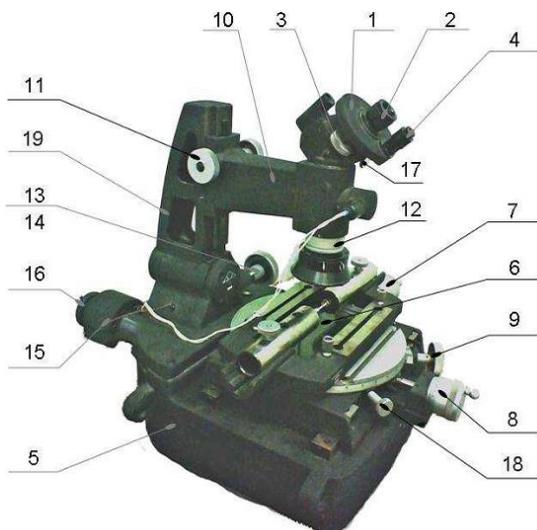


Рис. 5.5. Общий вид инструментального микроскопа БМИ

Определение размеров измерительным микроскопом БМИ-1 можно производить как непосредственно считыванием показаний на цифровом табло устройства цифрового отсчетного, так и путем сравнения измеряемого контура с контуром, вычерченным на чертеже. Область применения прибора: инструментальные цехи и измерительные лаборатории машиностроительных заводов, научные и учебные заведения.

Микроскоп состоит из станины 5, на которой смонтированы осветительная система 15, предметный столик 6, качающаяся колонка 19 и кронштейн 10 с тубусом микроскопа.

Предметный столик можно перемещать в двух взаимно перпендикулярных направлениях микрометрическими винтами с ценой деления 0,005 мм винтом 7 в продольном направлении и винтом 8 – в поперечном направлении и фиксировать винтом 18. Пределы измерения в продольном направлении составляют 0...150 мм, а в поперечном 0...50 мм.

Кроме того, при настройке прибора столик можно поворачивать на  $\pm 10^\circ$  вокруг вертикальной оси винтом 9. При проведении измерений этим поворотом не пользоваться.

В центре стола имеется отверстие для освещения объекта измерения. Чтобы контуры объекта измерения были четкими, а поле зрения достаточно освещенными, кольцом 16 производят диафрагмирование источника света.

Качающаяся колонка 19 вместе с кронштейном 10 может быть повернута вокруг горизонтальной оси и наклонена для обеспечения четкого изображения профиля резьбы в обе стороны от вертикали на угол до  $12,5^\circ$ . Для фиксации положения колонки служит винт 13. Угол наклона отсчитывают по шкале 14 с ценой деления  $0,5^\circ$ .

Кронштейн 10 перемещается для грубой фокусировки по вертикальной направляющей колонки 19 винтом 11. Точную фокусировку осуществляют перемещением тубуса относительно кронштейна 10 накатным кольцом 12. В верхней части тубуса закреплена окулярная головка 1. В поле зрения окуляра 2 видна штриховая сетка с пунктирными и сплошными линиями.

Пластинка со штриховой сеткой жестко связана с градусной шкалой (лимбом), разделенной на  $360^\circ$ , и имеет общую ось вращения, совпадающую с оптической осью микроскопа.

Вращение лимба со штриховой сеткой производят маховиком 3. Отсчет угловых перемещений лимба производят с помощью освещения зеркала 17 отсчетного микроскопа 4. Шкала отсчетного микроскопа имеет 60 делений, укладываемых в интервале одного деления лимба. Поэтому цена деления отсчетного микроскопа равна 1.

#### Порядок выполнения измерения

Цель – ознакомление с основными параметрами резьбы, а также с методикой измерения.

Средства измерения и измеряемые объекты:

- а) деталь с внутренней резьбой (гайка);
- б) деталь с наружной резьбой (болт).



Требуется определить путем расчетов параметры резьбы  $M10 \times 1,25H6/g6$  сопрягаемых деталей.

1. Определить номинальные значения наружного, внутреннего и среднего параметров резьбы по ГОСТ 24705-2004 (см. прил. 4).

Шаг резьбы, P	Наружный диаметр резьбы: $d, D$	Внутренний диаметр резьбы: $d_1, D_1$	Средний диаметр резьбы: $d_2, D_2$

2. Определить предельные отклонения диаметров по ГОСТ 16093-81(см. прил. 3, табл. П3.2).

D	D <sub>1</sub>		D <sub>2</sub>	
Не нормируется	ES	EI	ES	EI

d		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	
es	ei	Не нормируется	es	ei

3. Рассчитать предельные размеры диаметров резьбы болта и гайки:

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

а) внутренняя резьба

$$D_{1 \max} = D_1 + ES;$$

$$D_{1 \min} = D_1 + EI;$$

$$D_{2 \max} = D_2 + ES;$$

$$D_{2 \min} = D_2 + EI.$$

б) наружная резьба

$$d_{\max} = d + es;$$

$$d_{\min} = d + ei;$$

$$d_{2 \max} = d_2 + es;$$

$$d_{2 \min} = d_2 + ei.$$

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностирование и испытание электрооборудования транспортных машин: учеб. пособие / С.И. Попов, В.Ю. Валявин, С.Ф. Подуст и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 115 с.
2. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2004. – 207 с.
3. Исследование возможности восстановления стенок цилиндра двигателей внутреннего сгорания за счет применения твердосмазочных материалов на основе дисульфида молибдена / С.И. Попов, Ю.В. Марченко, Н.С. Донцов и др. // Научные технологии на современном этапе развития машиностроения: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., 19–21 мая. – М., 2016. – С. 179–181.
4. Лифшиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация / И.М. Лифшиц. – М.: Юрайт, 2006. – 350 с.
5. Марченко Ю.В. Технологическая схема восстановления ренодетали / Ю.В. Марченко, С.И. Попов, Э.В. Марченко // Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Таганрог, 20–21 апреля). – Ростов н/Д: ДГТУ, 2017. – С. 55–57.
6. Марченко Ю.В. Устройство для оценки шероховатости поверхности деталей, обработанных в свободных абразивных средах / Ю.В. Марченко, С.И. Попов, Э.В. Марченко // Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Таганрог 20–21 апреля). – Ростов н/Д: ДГТУ, 2017. – С. 58–61.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

7. Никифоров А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А.Д. Никифоров. – М.: Высш. шк., 2003. – 510 с.
8. Олефирова, А.П. Метрология, стандартизация и сертификация: метод. указания / А.П. Олефирова. – Улан-Уде: Изд-во ВСГТУ, 2006.– 24 с.
9. Особенности инструментального обеспечения для формирования вибрационных механохимических покрытий / В.В. Иванов, С.И. Попов, В.Ю. Валявин и др. // Мир гальваники. – 2015.– № 1(29). – С. 34–38.
10. Продолжительность нанесения вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия  $\text{MoS}_2$  (тезисы доклада) / В.В. Иванов, С.И. Попов, Э.В. Марченко и др. // Полимерные композиты и трибология (ПИЛИКОМТРИБ – 2015): Междунар. науч.-техн. конф. (г. Гомель, 23–26 июня). – Гомель, 2015.– С. 165.
11. Радкевич И.М. Метрология, стандартизация и сертификация / И.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов.– М.: Высш. шк., 2007. – 791 с.
12. Сокол Н.А. Основы конструкции и расчета автомобиля: учеб. / Н.А. Сокол, С.И. Попов. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 303 с.
13. Сокол Н.А. Расчет механизмов, систем и эксплуатационных показателей автомобиля: учеб. пособие / Н.А. Сокол, Ю.И. Мозговой, С.И. Попов).– Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2005. – 97 с.
14. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические измерения / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высш. шк., 2002. – 205 с.
15. Технические средства диагностирования транспортных машин: учеб. пособие / С.И. Попов, Ю.П. Рункевич, Ю.В. Марченко и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 199 с.
16. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Qualitative Characteristics of  $\text{MoS}_2$  Solid-Lubricant Coating Formed by Vibro-Wave Impact of Free-Moving Indenters // Key Engineering Materials, Vol. 736, pp. 18-22, 2017 DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.18 (Scopus).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

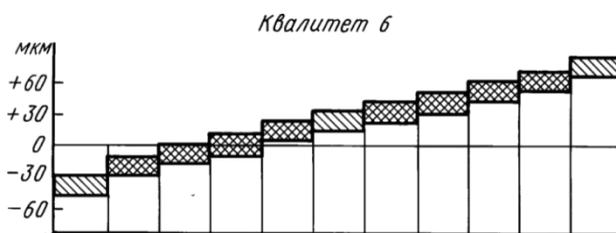
### Приложение 1

Единая система допусков и посадок  
(выдержки из ГОСТа 25347-82)

#### Приложение П1.1

Поля допусков валов при номинальных размерах  
от 1 до 500 мм

Предельные отклонения



Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Предельные отклонения, мкм										
От 1 до 3	-6	-2	0	+3,0	+6	+8	+10	+12	+16	+20	-
	-12	-8	-6	-3,0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-
Св.3 до 6	-10	-4	0	+4,0	+9	+12	+16	+20	+23	+27	-
	-18	-12	-8	-4,0	+1	+4	+8	+12	+15	+19	-
Св.6 до 10	-13	-5	0	+4,5	+10	+15	+19	+24	+28	+32	-
	-22	-14	-9	-4,5	+1	+6	+10	+15	+19	+23	-
Св.10 до 14	-16	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	-
Св.14 до 18	-27	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	-
Св.18 до 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	-
Св.24 до 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54
											+41
Св.30 до 40	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64
	-41	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+48

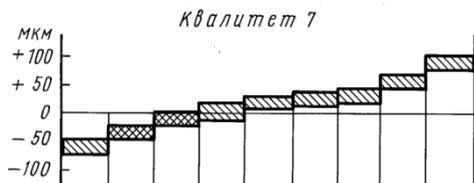
## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Св.40 до 50												+70 +54
Св.50 до 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85	
Св.65 до 80	-49	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+41	+53	+66	
Св.80 до 100				+11, 0	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+11 3	
Св.100 до 120	-36 -58	-12 -34	0 -22	- 11,0	+3	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+12 6
Св.120 до 140									+76	+101	+10 4	+14 7
Св.140 до 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12, 5 - 12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63	+117 +92	+12 2	+15 9
Св.160 до 180									+90	+125	+13 4	+17 1
Св.180 до 200									+65	+100	+14 6	+17 1
Св.200 до 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14, 5 - 14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+93 +68	+133 +108	+14 6	+17 1
Св.225 до 250									+10 6 +77	+151 +122	+16 6	+17 1
Св.250 до 280	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16, 0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+10 9 +80	+159 +130	+18 0	+20 9
									+11 3 +84	+169 +140	+19 6	+22 5
									+12 6	+190 +158	+25 0	+25 0

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

				-16,0					+94		+218
Св.280 до 315									+130 +98	+202 +170	+272 +240
Св.315 до 355				+18,0					+144 +108	+226 +190	+304 +268
Св.355 до 400	-62 -98	-18 -54	0 -36	-18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
Св.400 до 450				+20,0					+166 +126	+272 +232	+370 +330
Св.450 до 500	-68 -108	-20 -60	0 -40	-20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ



Интервал размеров, мм	Поля допусков								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Предельные отклонения, МКМ								
От 1 до 3	-14	-6	0	+5	+10	-	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	-	+4	+14	+18
Св. 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+1	+4	+8	+19	+23
Св. 6 до 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+28
Св. 10 до 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+45	+51
Св. 14 до 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
Св. 18 до 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
Св. 24 до 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+69
	-	-	-	-	-	-	-	-	+48
Св. 30 до 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
Св. 40 до 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
	-	-	-	-	-	-	-	-	+95
Св. 50 до 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-	-	-	-	-	-	-	+53	+87
Св. 65 до 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+89	+132
	-	-	-	-	-	-	-	+59	+102
Св. 80 до 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
Св. 100 до 120	-	-	-	-	-	-	-	+114	+179

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

								+79	+144
Св. 120 до 140								+132	+210
								+92	+170
Св. 140 до 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+140	+230
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+100	+190
Св. 160 до 180								+148	+250
								+108	+210
Св. 180 до 200								+168	+282
								+122	+236
Св. 200 до 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+176	+304
	-146	-96	-46	-23	+4	+17	+31	+130	+258
Св. 225 до 250								+186	+330
								+140	+284
Св. 250 до 280								+210	+367
	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+158	+315
Св. 280 до 315	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+222	+402
								+170	+350
Св. 315 до 355								+247	+447
	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+190	+390
Св. 355 до 400	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+265	+492
								+208	+435
Св. 400 до 450								+295	+553
	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+232	+490
Св. 450 до 500	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+315	+603
								+252	+540

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Квалитеты 8 и 9



Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	с8	d8	e8	f8	h8	js8*	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9*
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	-7	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
Св. 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
Св. 6 до 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
Св. 10 до 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
	122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
Св. 14 до 18								+45	+60					
Св. 18 до 24							+74	+87	+106					
	110	-65	-40	-20	0	+16	+41	+54	+73	-65	-40	-20	0	+26
Св. 24 до 30							+81	+97	+121	117	-92	-72	-52	-26
	143						+48	+64	+88					
Св. 30 до 40							+99	+111	+151					
	120	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31
Св. 40 до 50							+10	+13	+17	142	112	-87	-62	-31
	130	119	-89	-64	-39	-19	+9	+6	+13					
Св. 50 до 65							+13	+16	+21					
	140	100	-60	-30	0	+23	+3	+8	+11	100	-60	-30	0	+37
	186	146	106	-76	-46	-23	+87	+12	+17	174	134	104	-74	-37

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Св. 65 до 80	150						+14	+19	+25					
	196						8	2	6					
Св. 80 до 100	170	120	-72	-36	0	+27	+17	+23	+31					
	224	174	126	-90	-54	-27	+12	+17	+25					
Св. 100 до 120	180						+19	+26	+36					
	234						+14	+21	+31					
Св. 120 до 140	200						+23	+31	+42					
	263						3	1	8					
Св. 140 до 160	210	-145	-85	-43	0	+31	+25	+34	+47					
	273	-208	-148	-106	-63	-31	+19	+28	+41					
Св. 160 до 180	230						+27	+37	+52					
	293						3	3	8					
Св. 180 до 200	240						+30	+42	+59					
	312						8	2	2					
Св. 200 до 225	260	-170	-100	-50	0	+36	+23	+35	+52					
	332	-242	-172	-122	-72	-36	+33	+45	+64					
							0	7	7					
							+25	+38	+57					
							8	5	5					



ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

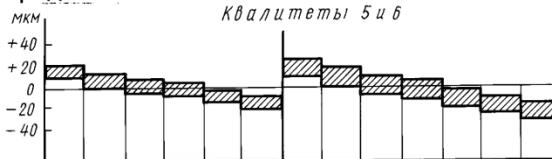
Св. 225 до 250	-280 -352						+35 6	+49 7	+71 2					
							+28 4	+42 5	+64 0					
Св. 250 до 280	-300 -381						+39 6	+55 6	+79 1					
		-190	-110	-56	0	+40	+31 5	+47 5	+71 0	-190	-110	-56	0	+65
Св. 280 до 315	-330 -411						+43 1	+60 6	+87 1	-320	-240	-186	-130	-65
		-271	-191	-137	-81	-40	+35 0	+52 5	+79 0					
Св. 315 до 355	-360 -449						+47 9	+67 9	+98 9					
		-210	-125	-62	0	+44	+39 0	+59 0	+90 0	-210	-125	-62	0	+70
Св. 355 до 400	-400 -489						+52 4	+74 9	+108 9	-350	-265	-202	-140	-70
		-299	-214	-151	-89	-44	+43 5	+66 0	+100 0					
Св. 400 до 450	-440 -537	-230	-135	-68	0	+48	+58 7	+83 7	+119 7	-230	-135	-68	0	+77
		-327	-232	-165	-97	-48	+49 0	+74 0	+110 0	-385	-290	-223	-155	-77
Св. 450 до 500	-480 -577						+63 7	+91 7	+134 7					
							+54 0	+82 0	+125 0					

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

## Приложение П1.2

Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм

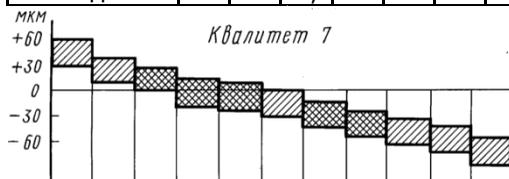
Предельные отклонения



Интервал размеров, мм	Поля допусков												
	5	5	5S	5	15	5	6	6	S6	6	6	6	
Предельные отклонения, мкм													
от 1 до 3	-6	-4	-2,0	2	4	8	-6	-3,0	2	4	6		
	-2		2,0	4	6	8	-2	3,0	6	8	10	12	
в. 3 до 6	-9	-5	-2,5	3	7	12	-8	-4,0	-2	1	5	9	
	-4		2,5	5	8	12	-4	4,0	6	9	13	17	
в. 6 до 10	-11	-6	-3,0	1	4	8	-14	-9	-4,5	-2	3	7	12
	-5		3,0	5	10	14	-5	4,5	7	12	16	21	
в. 10 до 14	-14	-8	-4,0	2	4	9	-17	-11	-5,5	-2	4	9	15
	-6		4,0	6	12	17	-6	5,5	9	15	20	26	
в. 14 до 18	-16	-9	-4,5	1	5	12	-20	-13	-6,5	-2	4	11	18
	-7		4,5	8	14	21	-7	6,5	11	17	24	31	
в. 18 до 24	-20	-11	-5,5	2	5	13	-25	-16	-8,0	-3	4	12	21
	-9		5,5	9	16	24	-9	8,0	13	20	28	37	
в. 24 до 30	-23	-13	-6,5	3	6	15	-29	-19	-9,5	-4	5	4	26
	-10		6,5	10	19	28	-10	9,5	15	24	33	45	
в. 30 до 40	-27	-15	-7,5	2	8	18	-34	-22	-11,0	-4	6	16	30
	-12		7,5	13	23	33	-12	11,0	18	28	38	52	
в. 40 до 50	-27	-15	-7,5	2	8	18	-34	-22	-11,0	-4	6	16	30
	-12		7,5	13	23	33	-12	11,0	18	28	38	52	
в. 50 до 65	-32	-18	-9,0	3	9	21	-39	-25	-12,5	-4	8	20	36
	-14		9,0	15	27	39	-14	12,5	21	33	45	61	
в. 65 до 80	-35	-20	-10,0	2	11	25	-44	-29	-14,5	-5	8	22	41
	-15		10,0	18	31	45	-15	14,5	24	37	51	70	
в. 80 до 100	-40	-23	-11,5	3	13	27	-49	-32	-16,0	-5	9	25	47
	-17		11,5	20	36	50	-17	16,0	27	41	57	79	
в. 100 до 120	-43	-25	-12,5	3	14	30	-54	-36	-18,0	-7	10	26	51
	-18		12,5	22	39	55	-18	18,0	29	46	62	87	

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

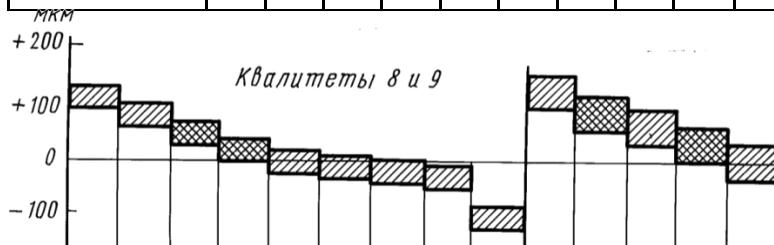
В. 400 до 450	47	27	13,4	2	16	33	60	40	20,0	8	10	27	55
В. 450 до 500	20		13,5	25	43	60	20		20,0	32	50	67	95



Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Предельные отклонения, мкм										
От 1 до 3	+16	+12	+10	+5	0	-2	-4	-6	-10	-14	-
	+6	+2	0	-5	-10	-12	-14	-16	-20	-24	-
Св. 3 до 6	+22	+16	+12	+6	+3	0	-4	-8	-11	-15	-
	+10	+4	0	-6	-9	-12	-16	-20	-23	-27	-
Св. 6 до 10	+28	+20	+15	+7	+5	0	-4	-9	-13	-17	-
	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	-28	-32	-
Св. 10 до 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	-
	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	-
Св. 18 до 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	-
	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33 -54
Св. 30 до 40	+50	+34	+25	+12	+7	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
	+25	+9	0	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-45 -70
Св. 50 до 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-62	-78	-64 -94
Св. 80 до 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-41 -66 -91
Св. 100 до 120											

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

										-76	-101	-126
Св. 120 до 140										-48	-77	-107
										-88	-117	-147
Св. 140 до 160	+83	+54	+40	+20	+12	0	-12	-28		-50	-85	-119
	+43	+14	0	-20	-28	-40	-52	-68		-90	-125	-159
Св. 160 до 180										-53	-93	-131
										-93	-133	-171
Св. 180 до 200										-60	-105	-149
										-106	-151	-195
Св. 200 до 225	+96	+61	+46	+23	+13	0	-14	-33		-63	-113	-163
	+50	+15	0	-23	-33	-46	-60	-79		-109	-159	-209
Св. 225 до 250										-67	-123	-179
										-113	-169	-225
Св. 250 до 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36		-74	-138	-198
	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88		-126	-190	-250
Св. 280 до 315										-78	-150	-220
										-130	-202	-272
Св. 315 до 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41		-87	-169	-247
	+62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98		-144	-226	-304
Св. 355 до 400										-93	-187	-273
										-150	-244	-330
Св. 400 до 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45		-103	-209	-307
	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108		-166	-272	-370
Св. 450 до 500										-109	-229	-337
										-172	-292	-400



## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9*
	Предельные отклонения, мкм													
т 1 до 3	34	28	20	14	7			4	18	45	39	31	25	12
	20	14	6		7	14		18	32	20	14	6		12
в. 3 до 6	48	38	28	18	9	5	2	2	23	60	50	40	30	15
	30	20	10		9	13	16	20	41	30	20	10		15
в. 6 до 10	62	47	35	22	11	6	1	3	28	76	61	49	36	18
	40	25	13		11	16	21	25	50	40	25	13		18
в. 10 до 14	77	59	43	27	13	8	2	3	33	93	75	59	43	21
	50	32	16		13	19	25	30	60	50	32	16		21
в. 14 до 18														
в. 18 до 24	98	73	53	33	16	10	4	3	41					
									74	117	92	72	52	26
в. 24 до 30	65	40	20		16	23	29	36	48	65	40	20		26
									81					
в. 30 до 40									60					
	119	89	64	39	19	12	5	3	99	142	112	87	62	31
в. 40 до 50	80	50	25		19	27	34	42	70	80	50	25		31
									109					
в. 50 до 65									87					
	146	106	76	46	23	14	5	4	133	174	134	104	74	37
в. 65 до 80	100	60	30		23	32	41	50	102	100	60	30		37
									148					
в. 80 до 100									124					
	174	126	90	54	27	16	6	4	178	207	159	123	87	43
в. 100 до 120									144					
	120	72	36		27	38	48	58	198	120	72	36		43
в. 120 до 140									170					
									233					
в. 140 до 160	208	148	106	63	31	20	8	4		245	185	143	100	50
									190					
в. 160 до 180	145	85	43		31	43	55	67	253	145	85	43		50
									210					

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

									273					
в. 180 до 20									236					
									308					
в. 200 до 22	242	172	122	72	36	22	9	5	258	285	215	165	115	57
	170	100	50		36	50	63	77	330	170	100	50		57
в. 225 до 25									284					
									356					
в. 250 до 28	271	191	137	81	40	25	9	5	315					
	190	110	56		40	56	72	86	396	320	240	186	130	65
в. 280 до 31									350	190	110	56		65
									431					
в. 315 до 35	299	214	151	89	44	28	11	5	390					
	210	125	62		44	61	78	94	479	350	265	202	140	70
в. 355 до 40									435	210	125	62		70
									524					
в. 400 до 45	327	232	165	97	48	29	11	6	490	385	290	223	155	77
	230	135	68		48	68	86	103	587	230	135	68		77
в. 450 до 50									540					
									637					

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

## Приложение 2

 Калибры гладкие для размеров до 500 мм  
(выдержки из ГОСТа 24853-81)

Классификация допусков	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм														Допуск на форму калибра
		До 3	Ск. 3 до 6	Ск. 6 до 10	Ск. 10 до 18	Ск. 18 до 30	Ск. 30 до 50	Ск. 50 до 80	Ск. 80 до 120	Ск. 120 до 180	Ск. 180 до 250	Ск. 250 до 315	Ск. 315 до 400	Ск. 400 до 500		
		Размеры и допуски, мкм														
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	IT1	
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11		
	Y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7		
	H <sub>1</sub> , H <sub>3</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	5	6	8	10	12	13	15	15		
	H <sub>p</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		
	H <sub>p</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		
7	Z	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	IT2 IT1 IT1	
	Y	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	Y <sub>1</sub>	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>1</sub> , H <sub>1</sub>	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	8	9	10	15		
	H <sub>1</sub>	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>p</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		
	H <sub>p</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		
8	Z	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	IT2 IT3 IT1	
	Y	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	9		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	Y <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub> , H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
9	Z	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	IT2 IT3 IT1	
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	Y <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub> , H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
10	Z	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	IT2 IT3 IT1	
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	Y <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub> , H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
11	Z	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	IT4 IT3 IT1	
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27		
	Y <sub>1</sub>	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub> , H <sub>1</sub>	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
12	Z	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70	IT4 IT3 IT1	
	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Z <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27		
	Y <sub>1</sub>	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub> , H <sub>1</sub>	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20		
	H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Классификация изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
13	Z, Z <sub>1</sub>	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	IT5 IT5 IT2
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H <sub>3</sub>	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
14**	Z, Z <sub>1</sub>	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	IT5 IT5 IT2
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H <sub>3</sub>	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
15**	Z, Z <sub>1</sub>	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	IT5 IT5 IT2
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140	
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H <sub>3</sub>	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
16** 17	Z, Z <sub>1</sub>	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320	IT5 IT5 IT2
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220	
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H <sub>3</sub>	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	

### Приложение 3

Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски и отклонения резьб (выдержки из ГОСТа 16093-81)

Таблица ПЗ.1

Допуски

		Допуски диаметров $d$ и $D_1$							
Шаг $P$ , мм	Наружная резьба			Внутренняя резьба					
	Степень точности								
	4	6	8	4	5	6	7	8	
	Допуск, мкм								
	$T_d$			$T_{D_1}$					
0,2	36	56	—	38	48	60	—	—	
0,25	42	67	—	45	56	71	—	—	
0,3	48	75	—	53	67	85	—	—	
0,35	53	85	—	63	80	100	—	—	
0,4	60	95	—	71	90	112	—	—	
0,45	63	100	—	80	100	125	—	—	
0,5	67	106	—	90	112	140	180	—	
0,6	80	125	—	100	125	160	200	—	
0,7	90	140	—	112	140	180	224	—	
0,75	90	140	—	118	150	190	236	—	
0,8	95	150	236	125	160	200	250	315	
1	112	180	280	150	190	236	300	375	
1,25	132	212	335	170	212	265	335	425	
1,5	150	236	375	190	236	300	375	475	
1,75	170	265	425	212	265	335	425	530	
2	180	280	450	236	300	375	475	600	
2,5	212	335	530	280	355	450	560	710	
3	236	375	600	315	400	500	630	800	
3,5	265	425	670	355	450	560	710	900	
4	300	475	750	375	475	600	750	950	
4,5	315	500	800	425	530	670	850	1060	
5	335	530	850	450	560	710	900	1120	
5,5	355	560	900	475	600	750	950	1180	
6	375	600	950	500	630	800	1000	1250	

		Допуски диаметра $d_2$							
Номинальный диаметр резьбы $d_2$ , мм	Шаг $P$ , мм	Степень точности							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Допуск $T_{d_2}$ , мкм							
От 1 до 1,4	0,2	24	30	38	48	(60)	(75)	—	—
	0,25	26	34	42	53	(67)	(85)	—	—
	0,3	28	36	45	56	(71)	(90)	—	—
Св. 1,4 до 2,8	0,2	25	32	40	50	(63)	(80)	—	—
	0,25	28	36	45	56	(71)	(90)	—	—
	0,35	32	40	50	63	80	(100)	—	—
	0,4	34	42	53	67	85	(106)	—	—
	0,45	36	45	56	71	90	(112)	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	28	36	45	56	(71)	—	—	—
	0,35	34	42	53	67	85	(106)	—	—
	0,5	38	48	60	75	95	(118)	—	—
	0,6	42	53	67	85	106	(132)	—	—
	0,7	45	56	71	90	112	(140)	—	—
	0,75	45	56	71	90	112	(140)	—	—
	0,8	48	60	75	95	118	150	190	236

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Степень точности							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Допуск $T_{d_2}$ , мкм							
Св. 5,6 до 11,2	0,25	32	40	50	63	(80)	—	—	—
	0,35	36	45	56	71	90	—	—	—
	0,5	42	53	67	85	106	(132)	—	—
	0,75	50	63	80	100	125	(160)	—	—
	1	56	71	90	112	140	180	224	280
	1,25	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,5	67	85	106	132	170	212	265	335
Св. 11,2 до 22,4	0,35	38	48	60	75	95	—	—	—
	0,5	45	56	71	90	112	(140)	—	—
	0,75	53	67	85	106	132	(170)	—	—
	1	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,25	67	85	106	132	170	212	265	335
	1,5	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,75	75	95	118	150	190	236	300	375
	2	80	100	125	160	200	250	315	400
2,5	85	106	132	170	212	265	335	425	
Св. 22,4 до 45	0,5	48	60	75	95	118	—	—	—
	0,75	56	71	90	112	140	(180)	—	—
	1	63	80	100	125	160	200	250	315
	1,5	75	95	118	150	190	236	300	375
	2	85	106	132	170	212	265	335	425
	3	100	125	160	200	250	315	400	500
	3,5	106	132	170	212	265	335	425	530
	4	112	140	180	224	280	355	450	560
	4,5	118	150	190	236	300	375	475	600
Св. 45 до 90	0,5	50	63	80	100	125	—	—	—
	0,75	60	75	95	118	150	—	—	—
	1	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,5	80	100	125	160	200	250	315	400
	2	90	112	140	180	224	280	355	450
	3	106	132	170	212	265	335	425	530
	4	118	150	190	236	300	375	475	600
	5	125	160	200	250	315	400	500	630
	5,5	132	170	212	265	335	425	530	670
6	140	180	224	280	355	450	560	710	
Св. 90 до 180	0,75	63	80	100	125	160	—	—	—
	1	75	95	118	150	190	—	—	—
	1,5	85	106	132	170	212	265	335	425
	2	95	118	150	190	236	300	375	475
	3	112	140	180	224	280	355	450	560
	4	125	160	200	250	315	400	500	630
	6	150	190	236	300	375	475	600	750
Св. 180 до 355	1,5	90	112	140	180	224	280	355	—
	2	106	132	170	212	265	335	425	530
	3	125	160	200	250	315	400	500	630
	4	140	180	224	280	355	450	560	710
	6	160	200	250	315	400	500	630	800
Св. 355 до 600	2	112	140	180	224	280	355	450	—
	4	150	190	236	300	375	475	600	750
	6	170	212	265	335	425	530	670	850

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

		Допуски диаметра $D_2$					
Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Степень точности					
		4	5	6	7	8	9
		Допуск $T_{D_2}$ , мкм					
От 1 до 1,4	0,2	40	50	63	—	—	—
	0,25	45	56	71	—	—	—
	0,3	48	60	75	—	—	—
Св. 1,4 до 2,8	0,2	42	53	67	—	—	—
	0,25	48	60	75	—	—	—
	0,35	53	67	85	—	—	—
	0,4	56	71	90	—	—	—
	0,45	60	75	95	—	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	48	60	75	—	—	—
	0,35	56	71	90	—	—	—
	0,5	63	80	100	125	—	—
	0,6	71	90	112	140	—	—
	0,7	75	95	118	150	—	—
	0,75	75	95	118	150	—	—
Св. 5,6 до 11,2	0,25	48	60	75	—	—	—
	0,35	56	71	90	—	—	—
	0,5	63	80	100	125	—	—
	0,75	85	106	132	170	—	—
	1	95	118	150	190	236	300
	1,25	100	125	160	200	250	315
Св. 11,2 до 22,4	1,5	112	140	180	224	280	355
	0,35	63	80	100	—	—	—
	0,5	75	95	118	150	—	—
	0,75	90	112	140	180	—	—
	1	100	125	160	200	250	315
	1,25	112	140	180	224	280	355
	1,5	118	150	190	236	300	375
	1,75	125	160	200	250	315	400
	2	132	170	212	265	335	425
	2,5	140	180	224	280	355	450
Св. 22,4 до 45	0,5	80	100	125	—	—	—
	0,75	95	118	150	190	—	—
	1	106	132	170	212	265	335
	1,5	125	160	200	250	315	400
	2	140	180	224	280	355	450
	3	170	212	265	335	425	530
	3,5	180	224	280	355	450	560
	4	190	236	300	375	475	600
	4,5	200	250	315	400	500	630
Св. 45 до 90	0,5	85	106	132	—	—	—
	0,75	100	125	160	—	—	—
	1	118	150	190	236	300	375
	1,5	132	170	212	265	335	425
	2	150	190	236	300	375	475
	3	180	224	280	355	450	560
	4	200	250	315	400	500	630
	5	212	265	335	425	530	670
	5,5	224	280	355	450	560	710
	6	236	300	375	475	600	750
	Св. 90 до 180	0,75	106	132	170	—	—
1		125	160	200	250	—	—
1,5		140	180	224	280	355	450
2		160	200	250	315	400	500
3		190	236	300	375	475	600
4		212	265	335	425	530	670
Св. 180 до 355	6	250	315	400	500	630	800
	1,5	150	190	236	300	375	—
	2	180	224	280	355	450	560
	3	212	265	335	425	530	670
	4	236	300	375	475	600	750
Св. 355 до 600	6	265	335	425	530	670	850
	2	190	236	300	375	475	—
	4	250	315	400	500	630	800
	6	280	355	450	560	710	900

Таблица ПЗ.2  
Основные отклонения

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Шаг $P$ , мм	Наружная резьба					Внутренняя резьба			
	Диаметр резьбы								
	$d, d_2$					$D_1; D_2$			
	Основное отклонение, мкм								
	es					EI			
d	e	f	g	h	E	F	G	H	
0,2	—	—	—32	—17	0	—	+32	+17	0
0,25	—	—	—33	—18	0	—	+33	+18	0
0,3	—	—	—33	—18	0	—	+33	+18	0
0,35	—	—	—34	—19	0	—	+34	+19	0
0,4	—	—	—34	—19	0	—	+34	+19	0
0,45	—	—	—35	—20	0	—	+35	+20	0
0,5	—	—50	—36	—20	0	+50	+36	+20	0
0,6	—	—53	—36	—21	0	+53	+36	+21	0
0,7	—	—56	—38	—22	0	+56	+38	+22	0
0,75	—	—56	—38	—22	0	+56	+38	+22	0
0,8	—	—60	—38	—24	0	+60	+38	+24	0
1	—90	—60	—40	—26	0	+60	+40	+26	0
1,25	—95	—63	—42	—28	0	+63	+42	+28	0
1,5	—95	—67	—45	—32	0	+67	+45	+32	0
1,75	—100	—71	—48	—34	0	+71	+48	+34	0
2	—100	—71	—52	—38	0	+71	+52	+38	0
2,5	—106	—80	—58	—42	0	+80	—	+42	0
3	—112	—85	—63	—48	0	+85	—	+48	0
3,5	—118	—90	—	—53	0	+90	—	+53	0
4	—125	—95	—	—60	0	+95	—	+60	0
4,5	—132	—100	—	—63	0	+100	—	+63	0
5	—132	—106	—	—71	0	+106	—	+71	0
5,5	—140	—112	—	—75	0	+112	—	+75	0
6	—150	—118	—	—80	0	+118	—	+80	0

## Приложение 4

Основные нормы взаимозаменяемости. Основные размеры (выдержки из ГОСТа 24705-2004)

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы $D$ , наружный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Средний диаметр $D_2, d_2$	Внутренний диаметр $D_1, d_1$	Внутренний диаметр по дну впадины $d_3$
0,25	0,075	0,201	0,169	0,158
0,3	0,08	0,248	0,213	0,202
0,35	0,09	0,292	0,253	0,240
0,4	0,1	0,335	0,292	0,277
0,45	0,1	0,385	0,342	0,327
0,5	0,125	0,419	0,365	0,347
0,55	0,125	0,469	0,415	0,397
0,6	0,15	0,503	0,438	0,416
0,7	0,175	0,586	0,511	0,485
0,8	0,2	0,670	0,583	0,555
0,9	0,225	0,754	0,656	0,624
1	0,25	0,838	0,729	0,693
	0,2	0,870	0,783	0,755
1,1	0,25	0,938	0,829	0,793
	0,2	0,970	0,883	0,855
1,2	0,25	1,038	0,929	0,893
	0,2	1,070	0,983	0,955
1,4	0,3	1,205	1,075	1,032
	0,2	1,270	1,183	1,155
1,6	0,35	1,373	1,221	1,171
	0,2	1,470	1,383	1,355
1,8	0,35	1,573	1,421	1,371
	0,2	1,670	1,583	1,555
2	0,4	1,740	1,567	1,509
	0,25	1,838	1,729	1,693
2,2	0,45	1,908	1,713	1,648
	0,25	2,038	1,929	1,893
2,5	0,45	2,208	2,013	1,948
	0,35	2,273	2,121	2,071
3	0,5	2,675	2,459	2,387
	0,35	2,773	2,621	2,571
3,5	0,6	3,110	2,850	2,764
	0,35	3,273	3,121	3,071
4	0,7	3,545	3,242	3,141
	0,5	3,675	3,459	3,387
4,5	0,75	4,013	3,688	3,580
	0,5	4,175	3,959	3,887
5	0,8	4,480	4,134	4,019
	0,5	4,675	4,459	4,387
5,5	0,5	5,175	4,959	4,887

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы $D$ , наружный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Средний диаметр $D_2, d_2$	Внутренний диаметр $D_1, d_1$	Внутренний диаметр по дну впадины $d_3$
6	1	5,350	4,917	4,773
	0,75	5,513	5,188	5,080
	0,5	5,675	5,459	5,387
7	1	6,350	5,917	5,773
	0,75	6,513	6,188	6,080
	0,5	6,675	6,459	6,387
8	1,25	7,188	6,647	6,466
	1	7,350	6,917	6,773
	0,75	7,513	7,188	7,080
9	0,5	7,675	7,459	7,387
	1,25	8,188	7,647	7,466
	1	8,350	7,917	7,773
10	0,75	8,513	8,188	8,080
	0,5	8,675	8,459	8,387
	1,5	9,026	8,376	8,160
11	1,25	9,188	8,647	8,466
	1	9,350	8,917	8,773
	0,75	9,513	9,188	9,080
12	0,5	9,675	9,459	9,387
	1,5	10,026	9,376	9,160
	1	10,350	9,917	9,773
13	0,75	10,513	10,188	10,080
	0,5	10,675	10,459	10,387
	1,75	10,863	10,106	9,853
14	1,5	11,026	10,376	10,160
	1,25	11,188	10,647	10,466
	1	11,350	10,917	10,773
15	0,75	11,513	11,188	11,080
	0,5	11,675	11,459	11,387
	2	12,701	11,835	11,546
16	1,5	13,026	12,376	12,160
	1,25	13,188	12,647	12,466
	1	13,350	12,917	12,773
17	0,75	13,513	13,188	13,080
	0,5	13,675	13,459	13,387
	1,5	14,026	13,376	13,160
18	1	14,350	13,917	13,773
	2	14,701	13,835	13,546
	1,5	15,026	14,376	14,160
19	1	15,350	14,917	14,773

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы $D$ , наружный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Средний диаметр $D_2, d_2$	Внутренний диаметр $D_1, d_1$	Внутренний диаметр по дну впадины $d_3$
16	0,75	15,513	15,188	15,080
	0,5	15,675	15,459	15,387
17	1,5	16,026	15,376	15,160
	1	16,350	15,917	15,773
18	2,5	16,376	15,294	14,933
	2	16,701	15,835	15,546
	1,5	17,026	16,376	16,160
	1	17,350	16,917	16,773
	0,75	17,513	17,188	17,080
	0,5	17,675	17,459	17,387
20	2,5	18,376	17,294	16,933
	2	18,701	17,835	17,546
	1,5	19,026	18,376	18,160
	1	19,350	18,917	18,773
	0,75	19,513	19,188	19,080
22	0,5	19,675	19,459	19,387
	2,5	20,376	19,294	18,933
	2	20,701	19,835	19,546
	1,5	21,026	20,376	20,160
	1	21,350	20,917	20,773
	0,75	21,513	21,188	21,080
24	0,5	21,675	21,459	21,387
	3	22,051	20,752	20,319
	2	22,701	21,835	21,546
	1,5	23,026	22,376	22,160
	1	23,350	22,917	22,773
25	0,75	23,513	23,188	23,080
	2	23,701	22,835	22,546
	1,5	24,026	23,376	23,160
	1	24,350	23,917	23,773
26	1,5	25,026	24,376	24,160
27	3	25,051	23,752	23,319
	2	25,701	24,835	24,546
	1,5	26,026	25,376	25,160
	1	26,350	25,917	25,773
	0,75	26,513	26,188	26,080
28	2	26,701	25,835	25,546
	1,5	27,026	26,376	26,160
	1	27,350	26,917	26,773
30	3,5	27,727	26,211	25,706