

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**БУГУЛЬМИНСКИЙ ФИЛИАЛ**

**ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ.  
ДОПУСКИ И ПОСАДКИ  
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ  
ПО МЕТРОЛОГИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**Казань-2016**

удк 514  
ББК 30.11  
М 24

**Составитель** И.А. Мутугуллина, Мухамадиева Л.Н.

Взаимозаменяемость. Допуски и посадки. Практические занятия по метрологии, стандартизации и сертификации: метод. указания / И.А. Мутугуллина, Мухамадиева Л.Н. – Бугульма: , 2016. – 16 с.

**М 64**

Составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», учебным планом и рабочей программой по дисциплине.

Рассмотрены термины и понятия взаимозаменяемости, системы допусков и посадок. Даны основные расчетные формулы по изучаемым темам, варианты задач.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Подготовлены на кафедре технологических машин и оборудования БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ».

Печатаются по решению методической комиссии Бугульминского филиала ФГБОУ ВО «КНИТУ».

**Рецензенты:**

к.т.н., доцент кафедры ХТОМ БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ» Старшов М.И.

к.т.н., заведующий лабораторией техники и технологии глубокой очистки воды ООО «НТЦ Татнефть» Буслаев Е.С.

© Мутугуллина И.А., 2016  
© РИЦ «Школа», 2016

## ВВЕДЕНИЕ

При современном серийном производстве детали производят в одних цехах, а собирают машины, узлы и приборы в других. В процессе сборки применяют различные крепежные детали, изделия из неметаллических материалов, подшипники качения и другие изделия, изготовленные на разных специализированных предприятиях. Несмотря на это, сборка происходит без дополнительных подгоночных и доводочных операций, а собранные машины и их части удовлетворяют предъявляемым требованиям. Это возможно при условии взаимозаменяемости узлов и деталей.

Раньше взаимозаменяемость рассматривалась как принцип собираемости деталей и узлов. Сейчас взаимозаменяемость распространяется и на износостойкость, твердость, внутреннее напряжение, т.е. на качественные показатели, определяющие надежность и долговечность работы машин, узлов и деталей.

**Взаимозаменяемость** – это свойство деталей, сборочных единиц, агрегатов занимать свое место в машине без дополнительной обработки и выполнять при этом заданные функции. Взаимозаменяемостью обеспечивается возможность сборки и замены при ремонте любых независимо изготовленных деталей.

Взаимозаменяемость подразделяется на полную и неполную, внешнюю и внутреннюю, функциональную и по геометрическим параметрам.

*Полная взаимозаменяемость* – это обеспечение заданных показателей качества без дополнительных подгоночных операций в процессе сборки при изготовлении или ремонте машин и их узлов. Благодаря такой взаимозаменяемости упрощается ремонт машин, так как на любую износившуюся деталь или узел заменяют. Экономически целесообразно применять ее для деталей средней точности, а также для узлов, состоящих из небольшого числа деталей.

*Неполная взаимозаменяемость* используется при групповом подборе деталей ( селективная или индивидуальная сборка), при наличии компенсатора или при расчетах на основе теории вероятностей. Применяется также для соединений высокой точности. Точность сборки повышается во столько раз, на сколько групп были рассортированы детали.

*Внешняя взаимозаменяемость* присуща размерам и формам присое-

динительных поверхностей узлов и их эксплуатационным показателям, например для электродвигателей – взаимозаменяемость по мощности и частоте вращения.

*Внутренняя взаимозаменяемость* характеризуется точностью деталей, входящих в узлы, например взаимозаменяемость шариков или роликов подшипников качения, узлов ведущего и ведомого валов коробки передач.

*Функциональная взаимозаменяемость* обуславливает не только возможность сборки или замены при ремонте любых деталей узлов, но и их оптимальные служебные функции. Например, зубчатое колесо должно не только без всяких подгоночных операций занимать свое место в машине, но и передавать требуемый крутящий момент, характеризоваться определенным передаточным отношением.

*Взаимозаменяемость по геометрическим параметрам* – необходимое условие для соблюдения функциональной взаимозаменяемости.

Функциональную взаимозаменяемость следует создавать с момента проектирования машины или узла. Для этого уточняют номинальные значения эксплуатационных показателей и определяют допустимые отклонения. Зачем определяют основные узлы и детали, от которых в первую очередь зависят данные показатели. Для этих узлов и деталей применяют такие материалы и технологию изготовления, при которых надежность, долговечность и другие показатели оптимальны. После этого выявляют функциональные параметры и устанавливают оптимальные отклонения. Для внедрения функциональной взаимозаменяемости важное значение приобретает контроль деталей, узлов и механизмов. Принцип функциональной взаимозаменяемости – один из главных принципов конструирования и производства, контроля и эксплуатации машин и узлов.

**Уровень взаимозаменяемости** производства характеризуется коэффициентом взаимозаменяемости

$$K_{\text{в}} = T_{\text{и}}/T_{\text{о}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{и}}$  – трудоемкость изготовления взаимозаменяемых деталей и узлов данной машины;  $T_{\text{о}}$  – общая трудоемкость изготовления данной машины.

Степень приближения коэффициента взаимозаменяемости к единице служит показателем технической культуры производства.

## 1. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Точность изготовленной (восстановленной) детали оценивают по точности размера, геометрической формы и взаимного расположения поверхностей, а также по их волнистости и шероховатости. Поверхности деталей машин разнообразны: цилиндрические, сферические, плоские и т.п. Различают номинальные и реальные поверхности.

**Номинальная поверхность** задается в технической документации без учета допускаемых отклонений (неровностей) ГОСТ 25142 – 82 (СТ СЭВ 1156 – 78).

**Реальная поверхность** – это поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды.

**Точность обработки** характеризуется степенью соответствия реальной поверхности номинальной.

**Погрешность обработки** определяется отклонением реальной поверхности от номинальной.

Погрешности обработки подразделяют на систематические и случайные.

**Систематическими** называются погрешности, постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону. Значение их меняется в зависимости от степени износа измерительного инструмента, технологического оборудования. Систематические погрешности обычно повторяются при переходе от одной серии замеров в другой, поэтому их можно обнаружить и учесть.

**Случайными** называют такие погрешности, которые непостоянны по значению и знаку и не могут быть определены заранее из-за неоднородности материала, тепловых и силовых деформаций технологической системы (станок, приспособление, инструмент, деталь) и т.д.

Влияние случайных погрешностей учитывают допуском на размер. При помощи методов теории вероятностей и математической статистике можно приблизительно оценить суммарное значение случайных погрешностей.

Обеспечить определенную точность обработки – это значит так обработать деталь, чтобы погрешности ее геометрических параметров находились в установленных пределах. Реальные поверхности отличаются от номинальных не только размером, но и формой.

## 2. ФАКТОРЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ

Для обеспечения взаимозаменяемости необходимо учитывать следующие факторы.

**Применение и соблюдение стандартов.** Благодаря применению отечественных стандартов и стандартов СЭВ повышается уровень взаимозаменяемости, появляется возможность рационального использования технологического оборудования и измерительного инструмента.

**Рациональное конструирование изделий.** Конструкция изделия должна отвечать современным требованиям. Требования к точности размеров и форм деталей, их взаимному положению должны гарантировать высокий уровень взаимозаменяемости.

**Грамотная разработка и оформление чертежей.** Рабочий чертеж служит исходным документом для технологов и работников ОТК. По нему разрабатывают и проводят технологический процесс, назначают средства контроля точности как производственного процесса, так и готовой продукции. Для упрощения проектно-конструкторских работ установлены единые правила выполнения и оформления чертежей.

**Разработка обоснованной технологии производства.** Необходимо увязывать эксплуатационные требования с технологическими возможностями, принимая за основу эксплуатационные требования. Установлен обязательный порядок разработки, оформления и обращения всех видов технологической документации (ЕСТД).

**Необходимая точность измерений.** Технические измерения должны быть связаны с техническим процессом. Использование станков, обеспечивающих необходимую точность производства, высокая точность измерений, применение сырья и полуфабрикатов надлежащего качества способствуют созданию взаимозаменяемости, повышению ее уровня.

## 3. РОЛЬ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В процессе эксплуатации на детали и узлы воздействуют механические усилия, среда. В результате материал стареет, изменяются размеры, что вызывает нарушение точностных характеристик соединяемых

деталей и снижает ресурс и надежность работы машин.

Для обеспечения длительной экономичной работы тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин необходимо при восстановлении или изготовлении деталей строго ограничивать их размеры исходя из условий работы, характера и значения нагрузок. При ограничении размеров деталей в заданных пределах упрощается процесс сборки машин, снижается трудоемкость подгоночных и регулировочных работ.

В условиях крупных специализированных заводов и ремонтных мастерских сборка машин, узлов не должна отличаться от сборки на машиностроительных предприятиях. Поэтому взаимозаменяемость при ремонте машин не менее важна, чем в машиностроении.

Внедрение взаимозаменяемости в ремонтном производстве способствует автоматизации процесса сборки узлов и машин. Специализация и кооперирование при производстве и ремонте машин возможны лишь на основе взаимозаменяемости изготовленных или отремонтированных деталей и узлов.

Соблюдение принципов взаимозаменяемости дает экономический эффект как в массовом, серийном, так и единичном производстве, способствует повышению качества продукции, производительности труда и эффективному использованию машин.

#### 4. ПОНЯТИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

Основные определения допусков и посадок установлены в СТ СЭВ 145 – 75.

При изготовлении или восстановлении деталей приходится иметь дело с размерами.

**Размер** представляет собой числовое значение линейной величины в выбранных единицах измерения. Номинальный размер определяется функциональным назначением детали и служит началом отсчета отклонений. Номинальный размер указывают на чертежах деталей ( $D_n, d_n$ ).

**Соединение** – это любое подвижное или неподвижное сопряжение двух деталей, из которых одно полностью или частично входит в другую. В соединении различают охватывающую и охватываемую поверхности. Для цилиндрических соединений охватывающей поверхностью будет отверстие, а для охватываемой – вал.

**Номинальный размер соединения** ( $d_{n.c.}$ ) – это общий для соеди-

няемых деталей размер, служащий началом отсчета отклонений каждой детали соединения.

**Действительный размер** ( $D_r, d_r$ ) получают измерением с допустимой погрешностью. Изготовить деталь определенного размера практически сложно. Поэтому размеры деталей должны находиться в установленных пределах.

**Предельные размеры** ( $D_{max}, D_{min}, d_{max}, d_{min}$ ) ограничивают интервал значений, между которыми должен находиться действительный размер годной детали.

**Отклонение размера** – алгебраическая разность между действительным (предельным) и соответствующим номинальным размером. Отклонения могут быть положительными (размер больше номинального), отрицательными (размер меньше номинального) и нулевыми (размер равен номинальному). Отклонения откладываются от так называемой нулевой линии, условно изображающей номинальное значение размера: вверх – положительные отклонения, вниз – отрицательные.

**Предельное отклонение** – алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

**Верхнее отклонение**  $ES, es$  – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами: для отверстия  $ES = D_{max} - D_n$ ; для вала  $es = d_{max} - d_n$ .

**Нижнее отклонение**  $EI, ei$  – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами: для отверстия  $EI = D_{min} - D_n$ ; для вала  $ei = d_{min} - d_n$ .

**Допуск размера**  $T$  – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами (предельными отклонениями): для отверстия  $TD = D_{max} - D_{min}$ ; для вала  $Td = d_{max} - d_{min}$ . Допуск служит мерой точности размера. Чем меньше допуск, тем выше точность, и наоборот – низкая точность характеризуется большим допуском. От допуска непосредственно зависит трудоемкость изготовления и себестоимость деталей, а также в значительной степени выбор оборудования, средств контроля, производительность обработки. Значение допуска всегда положительно.

**Поле допуска** – зона между верхним и нижним отклонениями. Поле допуска – понятие более широкое, чем допуск. Поле допуска характеризуется своим значением и расположением относительно номинального



размера. При одном и том же допуске могут быть разные по расположению поля допусков.

**Посадка** – это характер соединения деталей.

**Зазор** определяется положительной разностью между охватывающим и охватываемым размерами деталей:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (5)$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (6)$$

Допуск зазора  $TS$  описывается выражением

$$TS = S_{max} - S_{min} = TD - Td \quad (7)$$

**Натяг** – это положительная разность между охватываемым и охватывающим размерами деталей:

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI \quad (8)$$

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = es - ES \quad (9)$$

Допуск натяга  $TN$  определяется по формуле

$$TN = N_{max} - N_{min} = TD - Td \quad (10)$$

Допуск посадки  $TN(S)$  – это допуск зазора или натяга:

$$TN(S) = TN = TS = TD + Td \quad (11)$$

Таким образом, для любой посадки независимо от ее вида допуск посадки представляет собой сумму допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

## 5. ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ. ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ И РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

Графический способ изображения полей допусков позволяет быстро определять характер соединения деталей и облегчает выполнение различных расчетов. Для графического изображения полей допусков сопрягаемых деталей проводят нулевую линию, затем схематически изображают детали и их полями допусков, предельными размерами, отклонениями, показывают значения зазоров или натягов (рисунок 1).

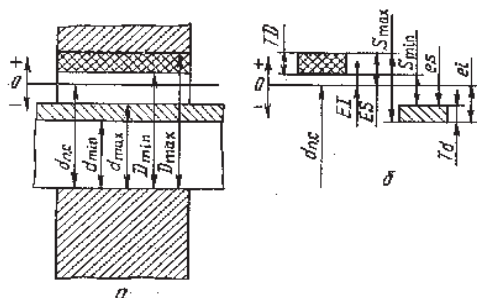


Рисунок 1 - Графическое изображение:

а – соединяемых деталей; б – расположения полей допусков

Поля допусков изображают в виде прямоугольников с указанием предельных отклонений. Схемы строят в определенном масштабе. Положительные отклонения откладывают вверх, а отрицательные – вниз от нулевой линии. Из двух отклонений основным считается то отклонение, которое ближе расположено к нулевой линии. Из двух положительных отклонений основным сочетается нижнее отклонение, а из двух отрицательных – верхнее отклонение.

На чертежах линейные размеры и предельные отклонения проставляют в миллиметрах. Предельные отклонения указывают после номинальных размеров со своим знаком; верхние отклонения помещают над нижними (например,  $40^{+0,052}_{+0,035}$ ,  $40^{-0,035}_{-0,052}$ ). При равенстве абсолютных значений отклонений их дают один раз со знаком  $\pm$  (например,  $50 \pm 0,02$ ). Отклонения равные нулю на чертежах не ставят (например,  $20^{+0,2}$ ,  $200_{-0,2}$ ). Число знаков в верхнем и нижнем отклонениях выравнивают добавлением нулей справа (например,  $70^{+0,24}_{-0,20}$ ,  $35^{-0,032}_{-0,100}$ ).

На сборочных чертежах предельные отклонения размеров деталей указывают в виде дроби, в числителе которой записывают отклонения отверстия, а в знаменателе – вала.

**Пример 1.** Определить предельные размеры, допуски деталей, за-

зоры в соединении посадкой с зазором  $\emptyset 18 \begin{matrix} +0,027 \\ -0,016 \\ -0,034 \end{matrix}$

$$\begin{aligned}
D_{max} &= 18,000 + 0,027 = 18,027 \text{ мм}; & Td &= 17,984 - 17,966 = 0,018 \text{ мм}; \\
D_{min} &= 18 + 0 = 18 \text{ мм}; & S_{max} &= 18,027 - 17,966 = 0,061 \text{ мм}; \\
TD &= 18,027 - 18,000 = 0,027 \text{ мм}; & S_{min} &= 18,000 - 17,984 = 0,016 \text{ мм}; \\
d_{max} &= 18,000 - 0,016 = 17,984 \text{ мм}; & TS &= 0,061 - 0,016 = 0,045 \text{ мм}; \\
d_{min} &= 18,000 - 0,034 = 17,966 \text{ мм}; & TS &= 0,027 + 0,018 = 0,045 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

**Пример 2.** Определить предельные размеры, допуски, натяги в сое-

динении посадкой с натягом  $\varnothing 40 \begin{smallmatrix} +0,025 \\ -0,085 \end{smallmatrix}$

$$\begin{aligned}
D_{max} &= 40,000 + 0,025 = 40,025 \text{ мм}; & Td &= 40,085 - 40,060 = 0,025 \text{ мм}; \\
D_{min} &= 40 + 0 = 40 \text{ мм}; & N_{max} &= 40,085 - 40,000 = 0,085 \text{ мм}; \\
TD &= 40,025 - 40,000 = 0,025 \text{ мм}; & N_{min} &= 40,060 - 40,025 = 0,035 \text{ мм}; \\
d_{max} &= 40,000 + 0,085 = 40,085 \text{ мм}; & TN &= 0,085 - 0,035 = 0,050 \text{ мм}; \\
d_{min} &= 40,000 + 0,060 = 40,060 \text{ мм}; & TN &= 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

## 6. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ И ПОСАДОК

Соединение деталей и машин очень разнообразны. Они классифицируются на группы в зависимости от формы сопрягаемых поверхностей, характера контакта и степени свободы взаимного перемещения.

**По форме поверхностей** различают следующие соединения: гладкие цилиндрические и конические; резьбовые и винтовые (цилиндрические и конические); зубчатые цилиндрические, конические, винтовые, гипоидные, червячные и другие; шлицевые, сферические, плоские.

**По степени свободы** взаимного перемещения деталей соединения подразделяются на такие виды:

*подвижные*, в которых при работе механизма одна соединяемая деталь перемещается относительно другой в определенных направлениях с гарантированным зазором;

*неподвижные*, неразъемные соединения, в которых одна сопрягаемая деталь неподвижна относительно другой. В течение всего срока службы соединения; эти соединения обычно характеризуются гарантированным натягом и разборке не подлежат;

*неподвижные разъемные* соединения, которые разбирают при регулировке и ремонте; их переходная посадка характеризуется либо небольшим зазором, либо натягом.

По характеру соединения (посадке) различают посадки с зазором, с натягом и переходные (рисунок 2).

1. Посадка с зазором - посадка, при которой всегда образуется зазор соединения, т.е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рисунок. 2).

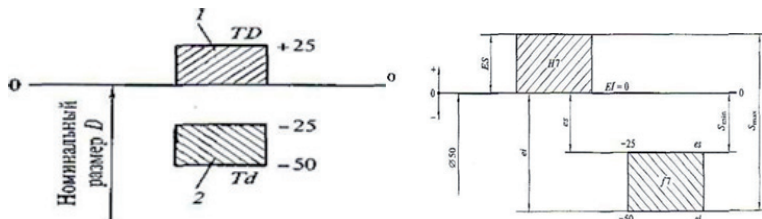


Рисунок 2. Схема полей допусков для посадки с зазором

Наибольший зазор  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$  или  $S_{\max} = ES - ei$

Наименьший зазор  $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$  или  $S_{\min} = EI - es$

Допуск зазора  $ITS = S_{\max} - S_{\min}$  или  $ITS = ITD + ITd$

Средний зазор  $s_{cp} = (S_{\max} + S_{\min}) / 2$

2. Посадка с натягом - посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т.е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (рисунок 4).

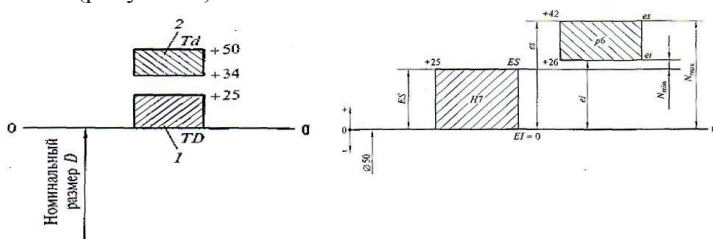


Рисунок. 4. Схема полей допусков для посадки с натягом

Наибольший натяг  $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$  или  $es - EI$

Наименьший натяг  $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$  или  $ei - ES$

Допуск натяга  $ITN = N_{\max} - N_{\min}$  или  $ITD + ITd$

Средний натяг  $N_{cp} = (N_{\max} - N_{\min}) / 2$

## 7. ЗАДАНИЕ

Для заданного сопряжения определить: Номинальный размер отверстия и вала.

Верхнее и нижнее отклонения отверстия и вала.

Предельные размеры отверстия и вала.

Допуск на размер отверстия и размер вала.

Предельные зазоры или натяги.

Допуск посадки. Построить схему полей допусков.

Таблица 1 - Варианты заданий

№ задачи	Запись размера на чертеже	№ задачи	Запись размера на чертеже
1	$\varnothing 75 \begin{array}{r} +0,030 \\ +0,148 \\ +0,102 \end{array}$	6	$\varnothing 45 \begin{array}{r} -0,004 \\ -0,014 \\ -0,007 \end{array}$
2	$\varnothing 60 \begin{array}{r} +0,030 \\ +0,083 \\ +0,053 \end{array}$	7	$\varnothing 250 \begin{array}{r} -0,284 \\ -0,356 \\ -0,115 \end{array}$
3	$\varnothing 20 \begin{array}{r} +0,023 \\ +0,023 \\ +0,002 \end{array}$	8	$\varnothing 30 \begin{array}{r} -0,033 \\ -0,054 \\ -0,033 \end{array}$
4	$\varnothing 18 \begin{array}{r} +0,040 \\ +0,032 \\ -0,008 \end{array}$	9	$\varnothing 11 \begin{array}{r} +0,027 \\ -0,060 \\ -0,085 \end{array}$
5	$\varnothing 153 \begin{array}{r} +0,040 \\ -0,050 \\ -0,090 \end{array}$	10	$\varnothing 416 \begin{array}{r} +0,120 \\ +0,670 \\ +0,055 \end{array}$

## 8. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Пример 1. Задано сопряжение:

$$\varnothing 50 \begin{array}{r} +0,020 \\ +0,003 \\ -0,017 \end{array}$$

Определить номинальный размер отверстия и вала; верхнее и нижнее отклонения отверстия и вала; предельные размеры отверстия и вала;

Допуск на размер отверстия и размер вала; предельные зазоры (или натяги); допуск посадки.

Начертить схему полей допусков и показать на схеме основные элементы сопряжения.

Решение.

1. Номинальный размер отверстия и вала:

$$D = d = 50 \text{ мм}$$

2. Предельные отклонения

2.1. отверстия

$$ES = +0,020 \text{ мм};$$

$$EI = +0,003 \text{ мм}.$$

2.2. вала

$$es = 0;$$

$$ei = -0,017 \text{ мм}.$$

3. Предельные размеры:

3.1. отверстия

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,020 = 50,020 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0,003 = 50,003 \text{ мм}.$$

3.2. вала

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + (-0,017) = 49,983 \text{ мм}.$$

4. Допуск на изготовление:

4.1. отверстия

$$ITD = D_{\max} - D_{\min} = 50,020 - 50,003 = 0,017 \text{ мм}$$

$$\text{или } ITD = ES - EI = 0,020 - 0,003 = 0,017 \text{ мм}$$

4.2. вала

$$ITd = d_{\max} - d_{\min} = 50 - 49,983 = 0,017 \text{ мм}$$

$$\text{или } ITd = es - ei = 0 - (-0,017) = 0,017 \text{ мм}$$

5. Сопоставляя предельные размеры отверстия и вала, приходим к выводу, что в данном случае имеет место посадка с зазором, поэтому определяем:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,020 - 49,983 = 0,037 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = ES - ei = 0,020 - (-0,017) = 0,037 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 50,003 - 50 = 0,003 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = EI - es = 0,003 - 0 = 0,003 \text{ мм}.$$

6. Допуск посадки:

$$ITS = S_{\max} - S_{\min} = 0,037 - 0,003 = 0,034 \text{ мм};$$

$$\text{или } ITS = ITD + ITd = 0,017 + 0,017 = 0,034 \text{ мм}.$$

Средний зазор:

$$S_{\text{ср}} = (S_{\max} + S_{\min}) / 2 = (0,037 + 0,003) / 2 = 0,020 \text{ мм}$$

Схема полей допусков представлена на рисунке 5.

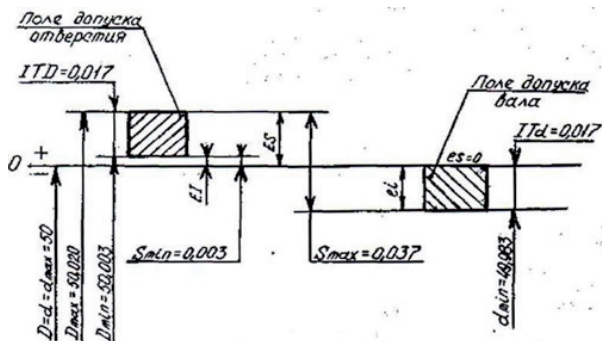


Рисунок 5. Схема полей допусков

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. Техническая термодинамика. Учебное пособие для Втузов, 2-е изд. перераб.: М.: Высшая школа, 2001. – 261 с.
2. Г.А. Мухачев, В.К. Щукин Термодинамика и теплопередача. Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1991. – 480с.
3. В.А. Кириллин и др. Техническая термодинамика. Учебник для вузов. Изд. 2-е. М.: Энергия, 1974. – 448 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Взаимозаменяемость и точность обработки.....	5
2. Факторы, обеспечивающие взаимозаменяемость.....	6
3. Роль взаимозаменяемости в ремонтном производстве и ее эффективность.....	6
4. Понятия о допусках и посадках.....	7
5. Графическое изображение полей допусков. Обозначение предельных отклонений и размеров на чертежах.....	9
6. Виды соединений и посадок.....	11
7. Задание.....	13
8. Пример решения задачи.....	13
Библиографический список.....	15

**Ирина Александровна Мутугуллина**  
– заведующий кафедрой ТМО, кандидат технических наук  
**Лейсан Нафисовна Мухамадиева** – студент 4 курса БФ «КНИТУ»

### **ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО МЕТРОЛОГИИ**

по курсу  
Метрология, стандартизация и сертификация  
(Кафедра Технологических машин и оборудования БФ «КНИТУ»)

*Печатается в авторской редакции*

Сдано в набор 10.02.2016 г. Подписано к печати ???.02.2016.

Формат 60х84 <sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать ризографическая.

Усл. печ. 1,5 л. Тираж ??? экз. Заказ № ???.

420111, Казань, Дзержинского, 9/1. Тел. 8 917-264-8483.

Отпечатано в редакционно-издательском центре «Школа».

E-mail: ric-school@yandex.ru