

Белорусский национальный технический университет

Приборостроительный факультет

Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

2014 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

2014 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»

для специальностей:

- 1-02 06 02 Обслуживающий труд и предпринимательство
 - 1-08 01 01 Профессиональное обучение (по направлениям)
 - 1-36 01 01 Технология машиностроения
 - 1-36 01 02 Материаловедение в машиностроении
 - 1-36 01 03 Технологическое оборудование машиностроительного производства
 - 1-36 01 05 Машины и технология обработки материалов давлением
 - 1-36 01 06 Оборудование и технология сварочного производства
 - 1-36 01 07 Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин
 - 1-36 02 01 Машины и технология литейного производства
 - 1-36 10 01 Горные машины и оборудование (по направлениям)
 - 1-36 11 01 Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)
 - 1-36 13 01 Технология и оборудование торфяного производства
 - 1-36 20 02 Упаковочное производство (по направлениям)
 - 1-36 20 03 Торговое оборудование и технологии
 - 1-36 20 04 Вакуумная и компрессорная техника
 - 1-37 01 01 Двигатели внутреннего сгорания
 - 1-37 01 02 Автомобилестроение (по направлениям)
 - 1-37 01 03 Тракторостроение
 - 1-37 01 04 Многоцелевые гусеничные и колесные машины (по направлениям)
 - 1-37 01 05 Городской электрический транспорт
 - 1-37 01 06 Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)
 - 1-37 01 07 Автосервис
 - 1-52 04 01 Производство экспозиционно-рекламных объектов
 - 1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)
 - 1-53 01 06 Промышленные роботы и робототехнические комплексы
- по группе специальностей 42 01 Metallургия**

Составители: Соколовский С.С., Купреева Л.В., Павлов К.А.

Рассмотрено и утверждено

На заседании совета приборостроительного факультета 26.05.2014 г.,
протокол № 9

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» содержит:

1. Теоретический раздел (материалы для теоретического изучения учебной дисциплины, представленные учебным пособием).
2. Практический раздел
 - 2.1. Материалы для проведения практических занятий с индивидуальными заданиями для самостоятельной работы.
 - 2.2. Материалы для проведения лабораторных занятий с контрольными вопросами для самостоятельной подготовки к занятиям.
 - 2.3. Материалы по курсовому проектированию.
3. Вспомогательный раздел
 - 3.1. Типовая учебная программа дисциплины.
 - 3.2. Перечень основной и дополнительной литературы.

Пояснительная записка

Целью ЭУМК является формирование у студентов комплекса знаний по изучаемой учебной дисциплине, соответствующих академическим, социально-личностным и профессиональным компетенциям специалиста в рамках образовательных стандартов вышеперечисленных специальностей и направлений специальностей.

Теоретические материалы ЭУМК позволят студентам учреждения высшего образования изучить:

- основные принципы построения систем допусков и посадок;
- структуру, содержание и порядок использования базовых стандартов, регламентирующих основные нормы взаимозаменяемости, охватывающих системы допусков и посадок для типовых видов соединений деталей машин и приборов;
- методы выбора и назначения требований к точности параметров;
- теоретические основы измерительного контроля параметров.

Материалы практического раздела позволят студентам учреждения высшего образования приобрести следующие навыки:

- пользоваться стандартами, регламентирующими основные нормы взаимозаменяемости;
- обозначать требования к точности параметров на чертежах, читать и расшифровать условные обозначения;
- осуществлять измерительный контроль параметров калибрами и основными универсальными средствами измерений;
- представлять результаты измерений в установленной форме.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Материалы для теоретического изучения учебной дисциплины «Нормирование точности и технические измерения» представлены учебным пособием:

УДК 621.713(075.8)

Соломахо, В.Л. Нормирование точности и технические измерения: учебное пособие для студентов вузов по машиностроительным специальностям / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович, С.С. Соколовский. – Минск: Издательство Гревцова, 2011. – 359 с.: ил. <http://rep.bntu.by//handle/data/7508>

ISBN 978-985-695-420-0

Аннотация

Комплексно изложены подходы к проблемам стандартизации норм точности, отражено современное состояние вопросов выбора и назначения точности геометрических параметров деталей с различной формой рабочих поверхностей, а также методы их технических измерений.

Рассмотрены общие принципы построения и конкретные системы допусков и посадок гладких цилиндрических поверхностей, углов и конусов, резьбовых, шпоночных и шлицевых сопряжений, зубчатых колес и передач, а также системы допусков формы, расположения, шероховатости и волнистости поверхностей. Приведены базовые методы расчета размерных цепей. Рассмотрены технические измерения геометрических параметров, для которых установлены нормы точности, а также их контроль жесткими калибрами. Для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений. Может быть использовано инженерно-техническими работниками машиностроительных предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций.

II. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Материалы для проведения практических занятий с индивидуальными заданиями для самостоятельной работы

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет посадок гладких цилиндрических сопряжений.
2. Выбор и обоснование универсальных средств измерений для контроля линейных размеров.
3. Расчёт калибров для контроля деталей гладких цилиндрических сопряжений.
4. Выбор и расчёт посадок подшипника качения.
5. Выбор и расчет посадок шпоночного соединения.
6. Выбор и расчет прямобочного шлицевого соединения.
7. Расчёт посадок резьбовых соединений.
8. Выбор показателей контрольного комплекса зубчатого колеса и приборов для их контроля.

1. Расчет посадок гладких цилиндрических сопряжений

1.1. Пример расчёта посадки с зазором

1.1.1. Дана посадка $\text{Ø}32H9/d9$.

1.1.2. Определяем предельные отклонения и рассчитываем предельные размеры отверстия $\text{Ø}32H9$.

По ГОСТ 25346-89 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» определяем значения допуска $IT9 = 62$ мкм и основного (нижнего) отклонения $EI = 0$ мкм.

Верхнее отклонение рассчитываем по формуле

$$ES = EI + IT9 = 0 + 62 = +62 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры отверстия определяем по формулам:

$$D_{\min} = D_0 + EI = 32,000 + 0 = 32,000 \text{ мм;}$$

$$D_{\max} = D_0 + ES = 32,000 + 0,062 = 32,062 \text{ мм.}$$

1.1.3. Определяем предельные отклонения и рассчитываем предельные размеры вала $\text{Ø}32d9$.

По ГОСТ 25346 определяем значения допуска $IT9 = 62$ мкм и основного (верхнего) отклонения $es = -80$ мкм.

Нижнее отклонение рассчитываем по формуле

$$ei = es - IT9 = -80 - 62 = -142 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры вала определяем по формулам:

$$d_{\max} = d_0 + es = 32,000 - 0,080 = 31,920 \text{ мм;}$$

$$d_{\min} = d_0 + ei = 32,000 - 0,142 = 31,858 \text{ мм.}$$

Результаты расчётов предельных отклонений и размеров отверстия и вала приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Предельные отклонения и размеры отверстия и вала

Размер	IT , мкм	$ES(es)$, мкм	$EI(ei)$, мкм	$D_{\min}(d_{\min})$, мм	$D_{\max}(d_{\max})$, мм
$\text{Ø}32H9$	62	+ 62	0	32,000	32,062
$\text{Ø}32d9$	62	- 80	- 142	31,858	31,920

1.1.4. Строим схему расположения полей допусков сопрягаемых деталей (рисунок 1.1).

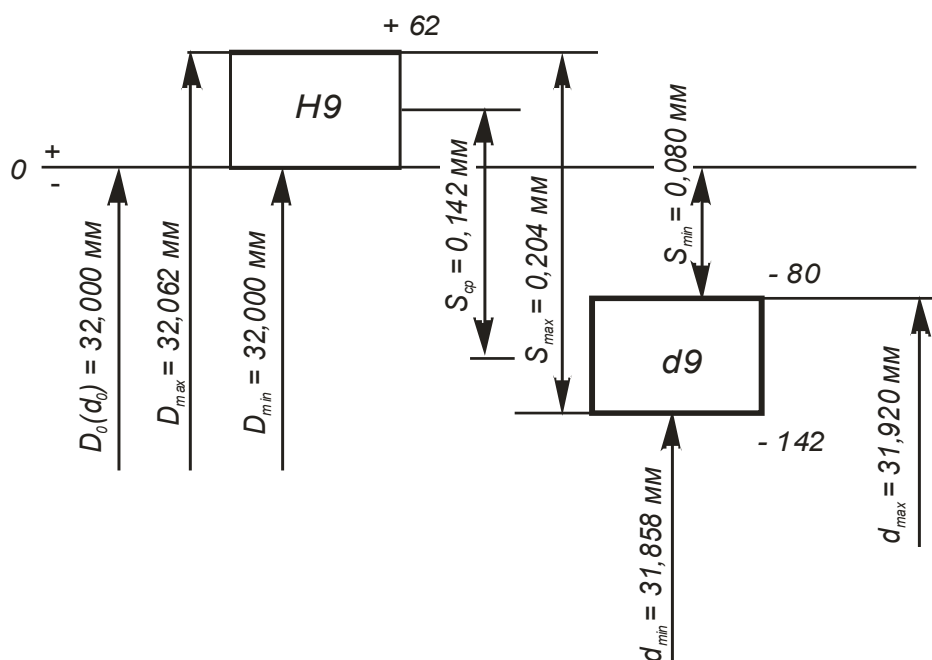


Рисунок 1.1 – Схема расположения полей допусков вала и втулки

1.1.5. Рассчитываем значения предельных и среднего зазоров.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 32,062 - 31,858 = 0,204 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 32,000 - 31,920 = 0,080 \text{ мм};$$

$$S_{\text{cp}} = (S_{\max} + S_{\min})/2 = (0,204 + 0,080)/2 = 0,142 \text{ мм}.$$

1.1.6. Рассчитываем допуск посадки.

$$T_S = IT_D + IT_d = 0,062 + 0,062 = 0,124 \text{ мм}.$$

1.1.7. Рассчитываем стандартное отклонение посадки.

Принимаем, что и размеры отверстия, и размеры вала распределены по нормальному закону и центр группирования каждого из размеров совпадает с координатой середины поля допуска. При нормальном распределении параметра 99,73 % всех значений попадают в диапазон, ограниченный значением 6 стандартных отклонений ($\pm 3\sigma$). Если принять, что данный диапазон равен допуску ($T = 6\sigma$), то на долю несоответствующих единиц продукции будет приходиться 0,27 % деталей, что для условий

машиностроительного производства является приемлемым. Следовательно, стандартное отклонение значений нормируемого параметра можно рассчитать по приближенной формуле как шестую часть допуска:

$$\sigma_d = T_d/6,$$

$$\sigma_D = T_D/6.$$

Тогда стандартное отклонение посадки получим путем геометрического суммирования стандартных отклонений размеров вала и втулки:

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{\left(\frac{IT_D}{6}\right)^2 + \left(\frac{IT_d}{6}\right)^2} \text{ или } \sigma_S = \sqrt{\left(\frac{62}{6}\right)^2 + \left(\frac{62}{6}\right)^2} = 14,6 \text{ мкм}.$$

1.1.8. Рассчитываем предельные значения вероятных зазоров.

При распределении размеров в партии деталей по нормальному закону зазоры, образующиеся в посадке, также будут распределены по нормальному закону. Центр группирования зазоров будет соответствовать среднему значению зазора. Таким образом, предельные значения вероятных зазоров будут рассчитываться по формулам:

$$S_{\max.\text{вер.}} = S_{\text{ср}} + 3\sigma_S = 142 + 3 \cdot 14,6 = 185,8 \text{ мкм} \approx 0,186 \text{ мм};$$

$$S_{\min.\text{вер.}} = S_{\text{ср}} - 3\sigma_S = 142 - 3 \cdot 14,6 = 98,2 \text{ мкм} \approx 0,098 \text{ мм}.$$

1.1.9. Строим кривую распределения вероятных зазоров сопрягаемых деталей (рисунок 1.2).

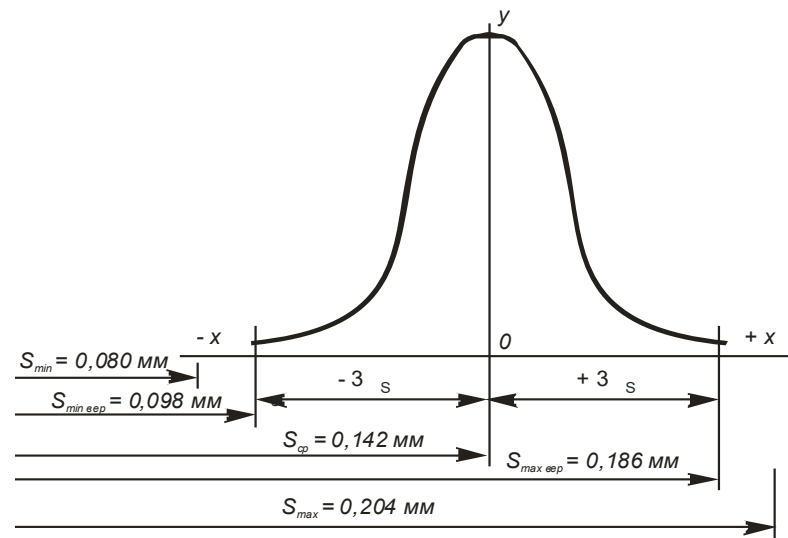


Рисунок 1.2 – Кривая распределения вероятных зазоров сопрягаемых деталей

1.2. Пример расчёта переходной посадки

1.2.1. Дана посадка $\text{Ø}34\text{H}7/k6$.

1.2.2. Определяем предельные отклонения и рассчитываем предельные размеры отверстия $\text{Ø}34\text{H}7$.

По ГОСТ 25346 определяем значения допуска $IT7 = 25$ мкм и основного (нижнего) отклонения $EI = 0$.

Верхнее отклонение рассчитываем по формуле

$$ES = EI + IT7 = 0 + 25 = +25 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры отверстия определяем по формулам:

$$D_{\min} = D_0 + EI = 34,000 + 0 = 34,000 \text{ мм;}$$

$$D_{\max} = D_0 + ES = 34,000 + 0,025 = 34,025 \text{ мм.}$$

1.2.3. Определяем предельные отклонения и рассчитываем предельные размеры вала $\text{Ø}34k6$.

По ГОСТ 25346 определяем значения допуска $IT6 = 16$ мкм и основного (нижнего) отклонения $ei = +2$ мкм.

Верхнее отклонение рассчитываем по формуле

$$es = ei + IT6 = +2 + 16 = +18 \text{ мкм.}$$

1.2.4. Предельные размеры вала определяем по формулам:

$$d_{\min} = d_0 + ei = 34,000 + 0,002 = 34,002 \text{ мм;}$$

$$d_{\max} = d_0 + es = 34,000 + 0,018 = 34,018 \text{ мм.}$$

Результаты расчётов предельных отклонений и размеров отверстия и вала приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Предельные отклонения и размеры отверстия и вала

Размер	IT , мкм	$ES(es)$, мкм	$EI(ei)$, мкм	$D_{\min}(d_{\min})$, мм	$D_{\max}(d_{\max})$, мм
$\text{Ø}34\text{H}7$	25	+ 25	0	34,000	34,025
$\text{Ø}34k6$	16	+ 18	+ 2	34,002	34,018

1.2.5. Строим схему расположения полей допусков сопрягаемых деталей (рисунок 1.3).

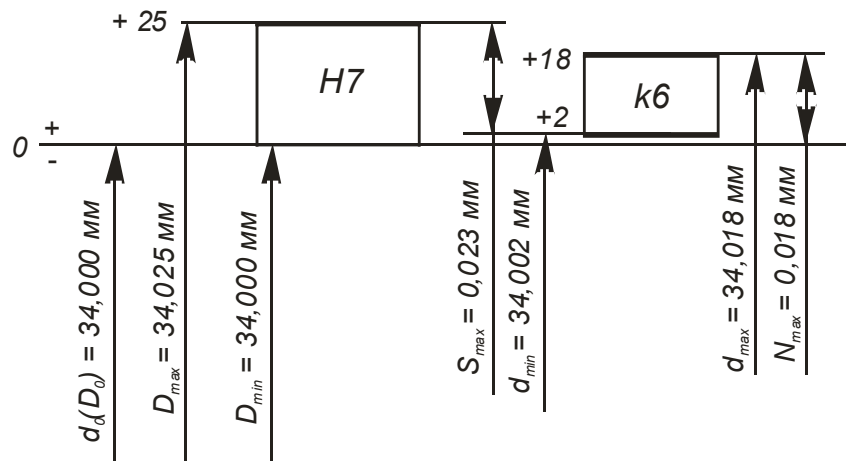


Рисунок 1.3 – Схема расположения полей допусков сопрягаемых деталей

1.2.6. Рассчитываем предельные значения табличных зазоров (натягов).

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 34,025 - 34,002 = 0,023 \text{ мм};$$

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 34,018 - 34,000 = 0,018 \text{ мм}.$$

1.2.7. Рассчитываем допуск посадки.

$$T_{(S,N)} = IT_D + IT_d = 0,025 + 0,016 = 0,041 \text{ мм}.$$

1.2.8. Рассчитываем величину математического ожидания зазоров или натягов.

$$D_{cp} = (D_{max} + D_{min})/2 = (34,025 + 34,000)/2 = 34,0125 \text{ мм};$$

$$d_{cp} = (d_{max} + d_{min})/2 = (34,002 + 34,018)/2 = 34,010 \text{ мм}.$$

Так как $D_{cp} > d_{cp}$, то в данном сопряжении будет большая вероятность возникновения зазоров.

$$M_S = D_{cp} - d_{cp} = 34,0125 - 34,010 = 0,0025 \text{ мм}.$$

Примечание – Если средний диаметр отверстия меньше среднего диаметра вала, то в сопряжении будет большая вероятность возникновения натягов. В этом случае рассчитывают математическое ожидание натягов. Если средний диаметр отверстия равен среднему диаметру вала, то в сопряжении вероятность возникновения зазоров и натягов будет одинакова. Математическое ожидание зазоров и натягов в этом случае равно нулю.

1.2.9. Рассчитываем стандартное отклонение посадки.

$$\sigma_{(S,N)} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{\left(\frac{IT_D}{6}\right)^2 + \left(\frac{IT_d}{6}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{25}{6}\right)^2 + \left(\frac{16}{6}\right)^2} = 4,9 \text{ мкм}.$$

1.2.10. Рассчитываем предельные значения вероятных зазоров и натягов.

Принимаем нормальный закон распределения размеров и рассчитываем предельные значения вероятных зазоров (натягов).

$$S_{\max.\text{вер.}} = M_S + 3\sigma_{(S,N)} = 2,5 + 3 \cdot 4,9 = 17,2 \text{ мкм} = 0,017 \text{ мм};$$

$$S_{\min.\text{вер.}} = M_S - 3\sigma_{(S,N)} = 2,5 - 3 \cdot 4,9 = -12,2 \text{ мкм};$$

$$N_{\max.\text{вер.}} = 12,2 \text{ мкм} = 0,012 \text{ мм}.$$

1.2.11. Рассчитываем вероятность получения зазоров или натягов.

Для определения площади, заключённой между кривой Гаусса, выбранными ординатами и осью абсцисс (на рисунке 1.4 заштрихована площадь, определяющая процент зазоров), удобно использовать табулированные значения функции.

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

где $z = \frac{x}{\sigma}$.

В данном примере расчета $x = M_S = 2,5$ мкм; $\sigma_{(S,N)} = 4,9$ мкм.

В соответствии с имеющимися данными

$$z = M_S/\sigma_{(S,N)} = 2,5/4,9 = 0,51.$$

Тогда табличное значение функции

$$\Phi(z = 0,51) = 0,1950 \text{ или } \Phi(z = 0,51) = 19,5 \text{ \%}.$$

С учетом симметрии распределения ($P' = 0,5$) вероятность получения зазоров в сопряжении $\text{Ø}34H7/k6$ определяем по формуле

$$P(S) = 0,5 + \Phi(z)$$

или

$$P(S) = 50 \text{ \%} + 19,5 \text{ \%} = 69,5 \text{ \%}.$$

Определяем вероятность получения натягов по формуле

$$P(N) = 0,5 - \Phi(z)$$

или

$$P(N) = 50 \% - 19,5 \% = 30,5\%.$$

1.2.11. Строим кривую распределения вероятных зазоров (натягов) (рисунок 1.4).

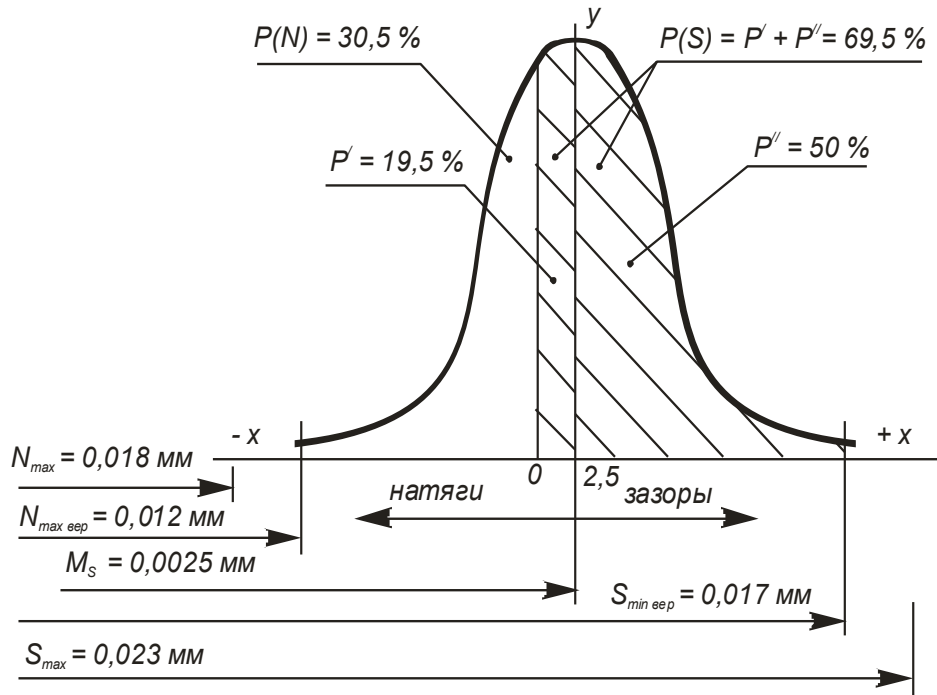


Рисунок 1.4 – Кривая распределения вероятных зазоров (натягов)

1.3. Пример расчёта посадки с натягом

1.3.1. Дана посадка $\varnothing 63 S8/h7$.

1.3.2. Определяем предельные отклонения и рассчитываем предельные размеры отверстия $\varnothing 63 S8$.

По ГОСТ 25346 определяем значения допуска $IT8 = 46$ мкм и основного (верхнего) отклонения $ES = -53$ мкм.

Нижнее отклонение рассчитываем по формуле

$$EI = ES - IT8 = -53 - 46 = -99 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры отверстия определяем по формулам:

$$D_{\max} = D_0 + ES = 63,000 - 0,053 = 62,947 \text{ мм.}$$

$$D_{\min} = D_0 + EI = 63,000 - 0,099 = 62,901 \text{ мм;}$$

1.3.3. Определяем предельные отклонения и рассчитываем предельные размеры вала $\varnothing 63 h7$.

По ГОСТ 25346 определяем значения допуска $IT7 = 30$ мкм и основного (верхнего) отклонения $es = 0$.

Нижнее отклонение рассчитываем по формуле

$$ei = es - IT7 = 0 - 30 = -30 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры вала определяем по формулам:

$$d_{\max} = d_0 + es = 63,000 - 0,000 = 63,000 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = d_0 + ei = 63,000 - 0,030 = 62,970 \text{ мм.}$$

Результаты расчётов предельных отклонений и размеров отверстия и вала приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Предельные отклонения и размеры отверстия и вала

Размер	IT , мкм	$ES(es)$, мкм	$EI(ei)$, мкм	$D_{\min}(d_{\min})$, мм	$D_{\max}(d_{\max})$, мм
$\text{Ø}63\text{S}8$	46	-53	-99	62,901	62,947
$\text{Ø}63\text{h}7$	30	0	-30	62,970	63,000

1.3.4. Строим схему расположения полей допусков сопрягаемых деталей (рисунок 1.5).

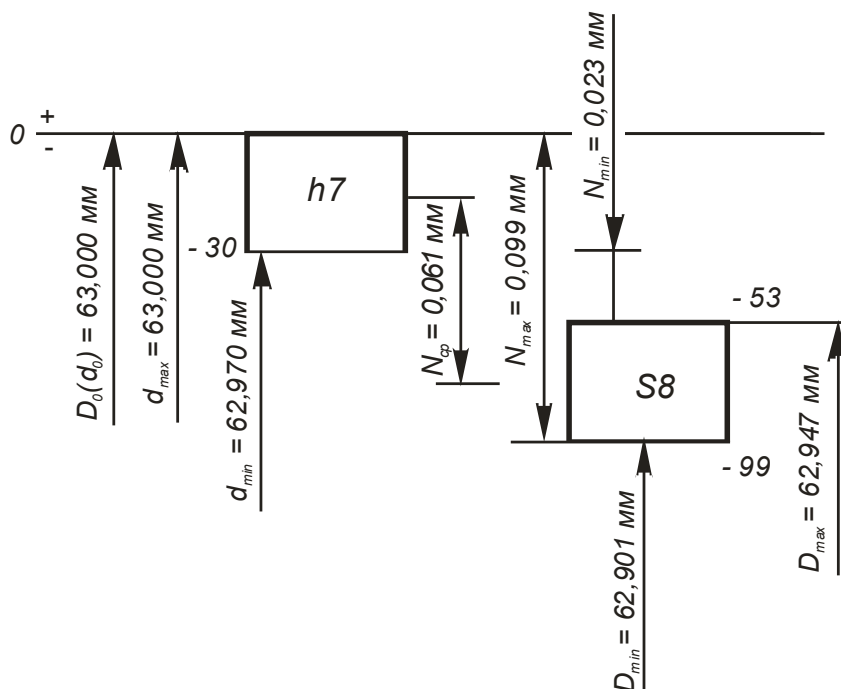


Рисунок 1.5 – Схема расположения полей допусков сопрягаемых деталей

1.3.5. Рассчитываем значения предельных и среднего натягов.

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 63,000 - 62,901 = 0,099 \text{ мм;}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 62,970 - 62,947 = 0,023 \text{ мм};$$

$$N_{\text{ср}} = (N_{\max} + N_{\min})/2 = (0,099 + 0,023)/2 = 0,061 \text{ мм}.$$

1.3.6. Рассчитываем допуск посадки.

$$T_N = IT_D + IT_d = 0,046 + 0,030 = 0,076 \text{ мм}.$$

1.3.7. Рассчитываем стандартное отклонение посадки.

Принимаем, что и размеры отверстия, и размеры вала распределены по нормальному закону и центр группирования каждого из размеров совпадает с координатой середины поля допуска. При нормальном распределении параметра 99,73 % всех значений попадают в диапазон, ограниченный значением 6 стандартных отклонений ($\pm 3\sigma$). Если принять, что данный диапазон равен допуску ($T = 6\sigma$), то на долю несоответствующих единиц продукции будет приходиться 0,27 % деталей, что для условий машиностроительного производства является приемлемым. Следовательно, стандартное отклонение значений нормируемого параметра можно рассчитать по приближенной формуле как шестую часть допуска:

$$\sigma_d = T_d/6,$$

$$\sigma_D = T_D/6.$$

Тогда стандартное отклонение посадки получим путем геометрического суммирования стандартных отклонений размеров вала и втулки по формуле

$$\sigma_N = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{\left(\frac{IT_D}{6}\right)^2 + \left(\frac{IT_d}{6}\right)^2} \text{ или } \sigma_N = \sqrt{\left(\frac{46}{6}\right)^2 + \left(\frac{30}{6}\right)^2} = 9,1 \text{ мкм};$$

1.3.8. Рассчитываем предельные значения вероятных натягов.

При распределении размеров в партии деталей по нормальному закону натяги, образующиеся в посадке, также будут распределены по нормальному закону. Центр группирования натягов будет соответствовать среднему значению натяга. Таким образом, предельные значения вероятных натягов будут рассчитываться по формулам:

$$N_{\text{макс.вер.}} = N_{\text{ср}} + 3\sigma_N = 61 + 3 \cdot 9,1 = 88,3 \text{ мкм} \approx 0,088 \text{ мм};$$

$$N_{\text{min.вер.}} = N_{\text{ср}} - 3\sigma_N = 61 - 3 \cdot 9,1 = 33,7 \text{ мкм} \approx 0,034 \text{ мм.}$$

1.3.9. Строим кривую распределения вероятных натягов сопрягаемых деталей (рисунок 1.6).

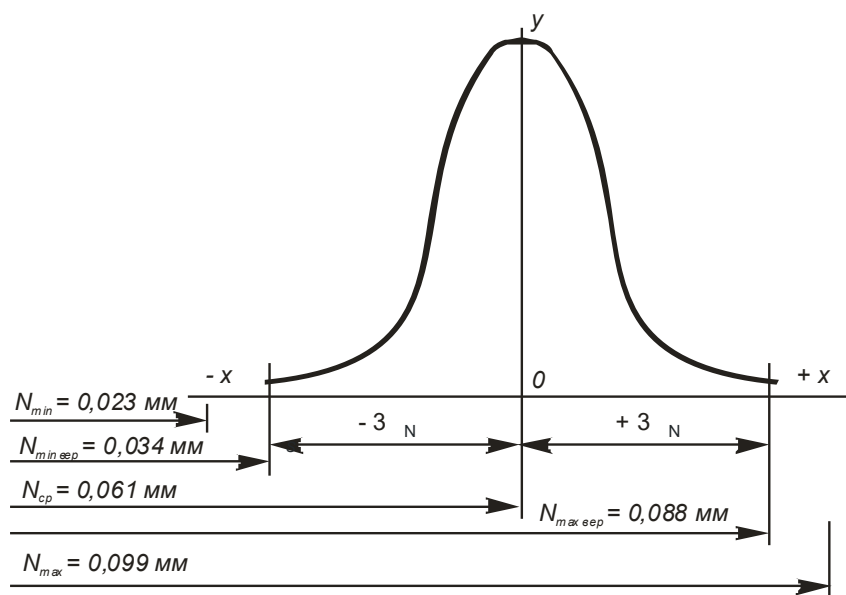


Рисунок 1.6 – Кривая распределения вероятных натягов

Варианты заданий для расчета посадок гладких цилиндрических сопряжений (с зазором, натягом и переходных) приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Варианты заданий для расчета посадок гладких цилиндрических сопряжений

Вариант	Посадки гладких цилиндрических сопряжений	
	<i>Задача 1</i>	<i>Задача 2</i>
1	2	3
1	Ø8 H7/g6	Ø100 K8/h7
2	Ø10 H8/s7	Ø120 H6/js6
3	Ø12 H8/d9	Ø160 H7/k6
4	Ø16 P7/h6	Ø180 K8/h6
5	Ø20 H7/e8	Ø110 H7/n6
6	Ø25 H7/p6	Ø80 N7/h7
7	Ø32 H7/f7	Ø190 M7/h6
8	Ø40 H7/r6	Ø320 Js7/h7
9	Ø50 H7/h6	Ø280 K7/h7
10	Ø63 H8/f7	Ø25 H7/js7

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
11	Ø80 H7/c8	Ø22 M8/h6
12	Ø100 H7/u7	Ø10 H8/js6
13	Ø125 H9/d9	Ø12 H7/m7
14	Ø160 H8/x8	Ø24 N6/h7
15	Ø200 H8/h7	Ø36 M7/h7
16	Ø9 H7/z8	Ø45 K7/h6
17	Ø11 F8/h7	Ø63 H6/m6
18	Ø14 R7/h6	Ø71 N7/h8
19	Ø18 E9/h8	Ø160 J _s 7/h6
20	Ø22 S7/h6	Ø250 K8/h8
21	Ø28 G7/h6	Ø200 H8/n6
22	Ø36 H7/s6	Ø125 H8/k6
23	Ø45 D8/h6	Ø140 M7/h8
24	Ø56 U8/h7	Ø150 K7/h8
25	Ø71 H9/h8	Ø11 H7/n7
26	Ø90 T7/h6	Ø14 H7/js6
27	Ø110 H6/g5	Ø28 H8/k7
28	Ø140 P8/h7	Ø22 M7/h6
29	Ø180 H11/d11	Ø42 H6/k5
30	Ø220 X7/h6	Ø48 H7/m6
31	Ø250 F9/h8	Ø56 H6/n6
32	Ø17 D11/h9	Ø160 J _s 6/h6
33	Ø71 H5/r5	Ø250 H9/js8
34	Ø300 F7/h7	Ø50 N6/h5
35	Ø53 H6/u7	Ø90 K8/h8
36	Ø21 H9/f9	Ø160 H9/k7
37	Ø48 H11/a11	Ø85 M9/h7
38	Ø60 H6/t6	Ø18 M6/h6
39	Ø75 G8/h7	Ø16 K6/h5
40	Ø85 H6/s6	Ø12 J _s 8/h8
41	Ø95 H10/d9	Ø40 M6/h5
42	Ø105 H6/p7	Ø36 N6/h7
43	Ø130 D8/h7	Ø32 H6/js5
44	Ø140 H6/r6	Ø24 J7/h5
45	Ø170 H8/f7	Ø5 H8/js7
46	Ø190 H6/s5	Ø9 H6/m7
47	Ø210 H9/d11	Ø67 H5/js5
48	Ø240 H6/r5	Ø21 H8/k6
49	Ø260 H7/f6	Ø34 K5/h6
50	Ø280 H6/p5	Ø8 M8/h7
51	Ø15 G6/h5	Ø240 H8/m7
52	Ø19 H8/u8	Ø320 H7/k5
53	Ø200 H6/e7	Ø30 M5/h6
54	Ø180 P6/h6	Ø48 N8/h7
55	Ø160 E8/h7	Ø15 H7/n5
56	Ø110 R6/h6	Ø53 N5/h6

Окончание таблицы 1.4

1	2	3
57	Ø80 H9/e9	Ø260 H7/m5
58	Ø63 S6/h6	Ø170 J _s 5/h6
59	Ø71 F8/h9	Ø130 H5/k5
60	Ø50 T6/h7	Ø210 K5/h7
61	Ø56 H10/f9	Ø17 H5/m5
62	Ø45 U7/h8	Ø150 J8/h6
63	Ø40 H11/d10	Ø190 H7/j _s 5
64	Ø32 H6/s7	Ø105 M5/h7
65	Ø26 D10/h10	Ø220 H6/n7
66	Ø90 R6/h5	Ø19 H7/j _s 7
67	Ø105 H9/a11	Ø26 J _s 8/h7
68	Ø28 H7/p7	Ø300 N9/h9
69	Ø22 H10/b12	Ø120 H8/m6
73	Ø14 H7/f8	Ø180 K6/h7
74	Ø8 H8/z7	Ø60 J _s 5/h5
75	Ø10 H8/d8	Ø95 H8/n7
76	Ø34 H7/x7	Ø200 J6/h8
77	Ø38 H8/e8	Ø125 P7/h8
78	Ø12 P8/h6	Ø140 N5/h7
79	Ø6 H7/g5	Ø50 J8/h9
80	Ø60 H8/f8	Ø250 J _s 5/h7
81	Ø85 H11/a12	Ø24 P6/h7
82	Ø9 H7/s8	Ø100 N9/h7
83	Ø110 D9/h11	Ø28 J _s 6/h5
84	Ø11 H6/r7	Ø90 M8/h8
85	Ø280 H12/c11	Ø25 N7/h6
86	Ø16 H7/p8	Ø85 M6/h7
87	Ø20 H10/b11	Ø56 K5/h5
88	Ø25 H7/u6	Ø63 N8/h8
89	Ø36 F9/h10	Ø240 J _s 8/h6
90	Ø80 H7/r8	Ø32 M5/h5
91	Ø71 D9/h8	Ø40 P6/h8
92	Ø75 H7/x6	Ø21 H6/j _s 5
93	Ø42 H9/d10	Ø170 P7/h9
94	Ø24 H8/z6	Ø67 H8/j7
95	Ø95 H6/e6	Ø42 J7/h8
96	Ø30 P6/h5	Ø210 J _s 6/h7
97	Ø14 H6/f5	Ø300 N8/h6
98	Ø18 S6/h5	Ø53 K6/h8
99	Ø280 H7/d6	Ø45 H7/j6
100	Ø320 T6/h6	Ø17 H8/p6

2. Выбор и обоснование универсальных средств измерений для контроля линейных размеров

2.1. Дана посадка $\varnothing 34H7/k6$

2.2. Выбираем средства измерений для контроля внутреннего размера $\varnothing 34H7$ (РД 50-98-86, таблицы V и II).

Допуск $IT = 25$ мкм, допускаемая погрешность измерения $[\Delta] = 7$ мкм.

Предлагаемые варианты средств измерений: **5в**, **6а**, 7а, 9а, 12.

Средство измерений **5в**: нутромер индикаторный (НИ) с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм.

Условия измерения:

- используемое перемещение измерительного стержня – 0,03 мм;
- средство установки – концевые меры длины 1 класса с боковиками или установочные кольца (до 160 мм);
- шероховатость поверхности отверстий, мкм – $Ra 0,32$;
- температурный режим – 3 °С для диапазона размеров от 3 до 120 мм.

Предельная погрешность измерения $\Delta = 5$ мкм для диапазона размеров от 18 до 50 мм.

$$\Delta < [\Delta].$$

Средство измерений **6а**: нутромер индикаторный (НИ) при замене отсчетного устройства измерительной головкой (ИГ) с ценой деления 0,001 или 0,002 мм.

Условия измерения:

- используемое перемещение измерительного стержня – 0,1 мм;
- средство установки – концевые меры длины 1 класса с боковиками или установочные кольца (до 160 мм);
- шероховатость поверхности отверстий, мкм – $Ra 1,25$;
- температурный режим – 3 °С для диапазона размеров от 3 до 120 мм.

Предельная погрешность измерения $\Delta = 5,5$ мкм для диапазона размеров от 18 до 50 мм.

$$\Delta < [\Delta].$$

2.3. Выбираем средства измерений для контроля наружного размера $\varnothing 34k6$ (РД 50-98-86, таблицы V, VI и I).

2.3.1. Выбираем станковые средства измерений для контроля наружного размера $\varnothing 34k6$ (РД 50-98-86, таблицы V и I).

Допуск $IT = 16$ мкм, допускаемая погрешность измерения $[\Delta] = 5$ мкм.

Предлагаемые варианты средств измерений: 7д, 9а, 11б, 12а, 13б, 14б, 20а, 31, 32а, в, 36а

Средство измерений 7д: индикатор часового типа (ИЧ и ИТ) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения от 2 до 10 мм, класс точности 1.

Условия измерения:

- установочные узлы (по ГОСТ 10197-70) – штативы и стойки с диаметром колонки не менее 30 мм и наибольшим вылетом головки до 200 мм (С-IV; Ш-11Н; ШМ-11Н) при измерении размеров до 250 мм;

- используемое перемещение измерительного стержня – 0,1 мм;

- класс применяемых концевых мер – 3;

- температурный режим – 2 °С для диапазона размеров от 3 до 120 мм.

Предельная погрешность измерения $\Delta = 5$ мкм для диапазона размеров от 30 до 50 мм.

$\Delta < [\Delta]$.

Средство измерений 9а: головка рычажно-зубчатые (ЗИГ) с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения $\pm 0,1$ мм; с настройкой по концевым мерам длины на любое деление.

Условия измерения:

- используемое перемещение измерительного стержня – $\pm 0,10$ мм;

- установочные узлы (по ГОСТ 10197-70) – штативы с диаметром колонки не менее 30 мм и наибольшим вылетом головки до 200 мм (Ш-11Н и ШМ-11Н);

- класс применяемых концевых мер – 3;

- температурный режим – 2 °С для диапазона размеров от 3 до 120 мм.

Предельная погрешность измерения $\Delta = 3,5$ мкм для диапазона размеров от 30 до 50 мм.

$$\Delta < [\Delta].$$

2.3.2. Выбираем накладные средства измерений для контроля наружного размера $\text{Ø}34k6$ (РД 50-98-86, таблицы V и I).

Допуск $IT = 16$ мкм, допускаемая погрешность измерения $[\Delta] = 5$ мкм.

Предлагаемые варианты средств измерений: **4б**, **5г**, **6б**.

Средство измерений **4б**: микрометр гладкий (МК) с величиной отсчета 0,01 мм при настройке на нуль по установочной мере.

Микрометр при работе находится в стойке или обеспечивается надежная изоляция от тепла рук оператора.

Температурный режим – 5 °С для диапазона размеров от 0 до 50 мм.

Предельная погрешность измерения $\Delta = 5$ мкм для диапазона размеров от 25 до 50 мм.

$$\Delta = [\Delta].$$

Средство измерений **5г**: скоба индикаторная (СИ) с ценой деления 0,01 мм. Скоб при работе находятся в стойке или обеспечивается надежная изоляция от тепла рук оператора.

Условия измерения:

- вид контакта – плоскостный и линейчатый;
- используемое перемещение измерительного стержня – 0,02 - 0,03 мм;
- класс применяемых концевых мер – 3;
- температурный режим – 5 °С для диапазона размеров от 0 до 50 мм.

Предельная погрешность измерения $\Delta = 5$ мкм для диапазона размеров от 30 до 50 мм.

$$\Delta = [\Delta].$$

Варианты заданий для выбора и обоснования универсальных средств измерений приведены в таблице 1.4 (раздел 1 ЭУМК).

3. Расчёт калибров для контроля деталей гладких цилиндрических сопряжений

3.1. Задано гладкое цилиндрическое сопряжение $\text{Ø}34H7/k6$.

3.2. Определяем предельные отклонения и размеры отверстия $\text{Ø}34H7$ (по ГОСТ 25346).

$$IT = 25 \text{ мкм},$$

$$EI = 0,$$

$$ES = +25 \text{ мкм};$$

$$D_{\max} = 34,000 + 0,025 = 34,025 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = 34,000 + 0 = 34,000 \text{ мм}.$$

1.3. Определяем предельные отклонения и размеры вала $\text{Ø}34k6$ (по ГОСТ 25346).

$$IT = 16 \text{ мкм},$$

$$ei = +2 \text{ мкм},$$

$$es = +18 \text{ мкм};$$

$$d_{\min} = 34,000 + 0,002 = 34,002 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = 34,000 + 0,018 = 34,018 \text{ мм}.$$

1.4. Выбираем схему расположения полей допусков калибров для контроля отверстия $\text{Ø}34H7$ (чертеж 1 ГОСТ 24853) и определяем числовые значения параметров H , Z , Y (таблица 2 ГОСТ 24853).

$$H = 4 \text{ мкм} - \text{допуск на изготовление калибров};$$

$Z = 3,5 \text{ мкм}$ – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра;

$Y = 3 \text{ мкм}$ – допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска отверстия.

1.5. Строим схемы расположения полей допусков калибров для контроля отверстия $\text{Ø}34H7$ в соответствии с рисунком 3.1.

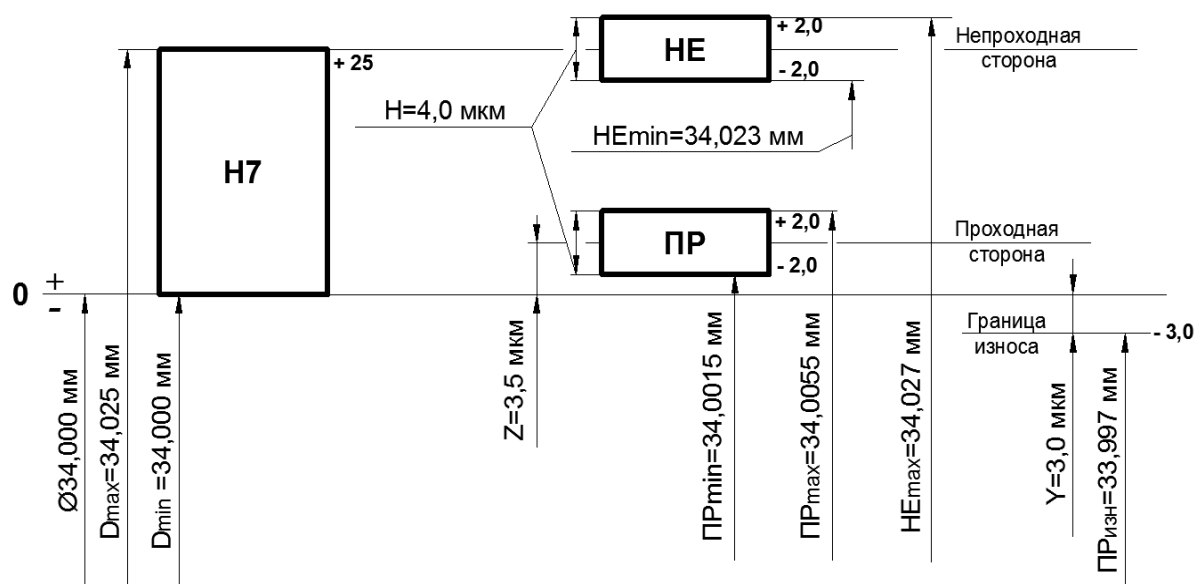


Рисунок 3.1 – Схема расположения полей допусков калибров для контроля отверстия $\text{Ø}34\text{H}7$

1.6. Рассчитываем предельные (таблица 1 ГОСТ 24853) и исполнительные размеры калибров для контроля отверстия $\text{Ø}34\text{H}7$.

Результаты расчета предельных и исполнительных размеров калибров для контроля отверстия $\text{Ø}34\text{H}7$ приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Предельные и исполнительные размеры калибров-пробок

Обозначение калибра	Размер, мм			
	наибольший	наименьший	изношенной стороны	исполнительный
ПР	34,0055	34,0015	33,997	34,0055 _{-0,004}
НЕ	34,027	34,023	-	34,027 _{-0,004}

1.7. Выбираем схему расположения полей допусков калибров для контроля вала $\text{Ø}34\text{k}6$ (чертеж 3 ГОСТ 24853) и определяем числовые значения параметров H_1 , Z_1 , Y_1 , H_p (таблица 2 ГОСТ 24853).

$H_1 = 4$ мкм – допуск на изготовление калибров;

$Z_1 = 3,5$ мкм – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра;

$Y_1 = 3 \text{ мкм}$ – допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска вала;

$H_p = 1,5 \text{ мкм}$ – допуск на изготовление контрольного калибра для скобы.

1.8. Строим схемы расположения полей допусков калибров для контроля $\varnothing 34k6$ в соответствии с рисунком 3.2.

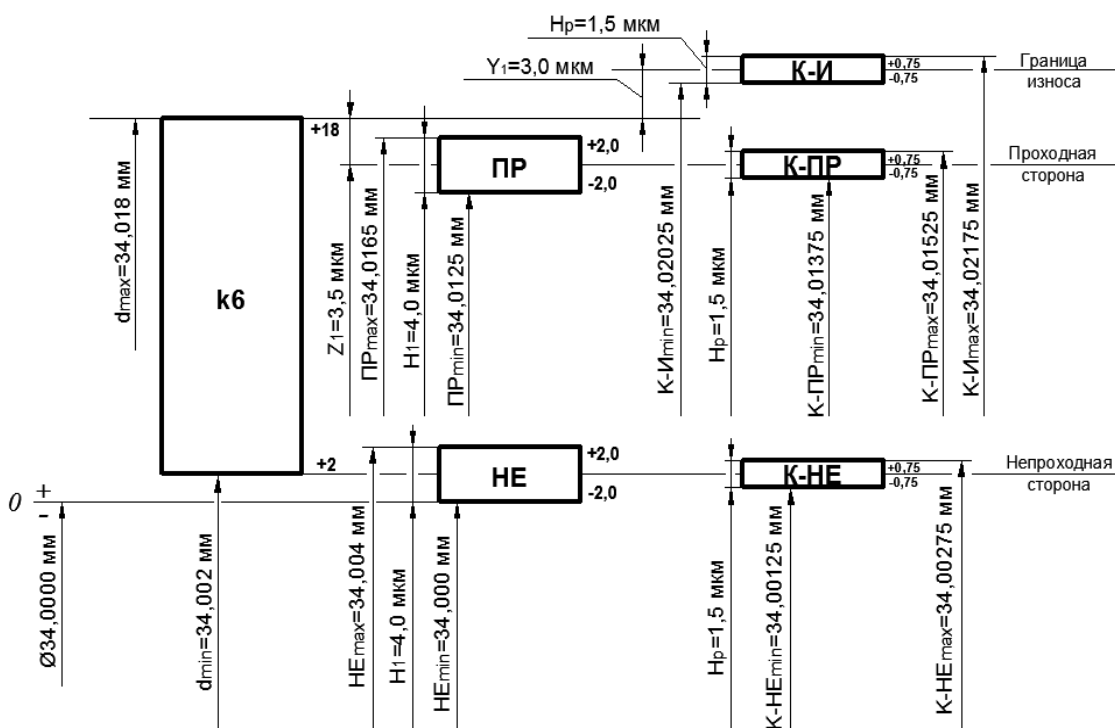


Рисунок 3.2 – Схема расположения полей допусков калибров для контроля вала $\varnothing 34k6$ и контрольных калибров

1.9. Рассчитываем предельные (таблица 1 ГОСТ 24853) и исполнительные размеры калибров для контроля вала $\varnothing 34k6$.

Результаты расчета предельных и исполнительных размеров калибров для контроля вала $\varnothing 34k6$ приведены в таблице 3.2.

Таблица 34 – Предельные и исполнительные размеры калибров-скоб и контрольных калибров

Обозначение калибра	Размер, мм			
	наибольший	наименьший	изношенной стороны	исполнительный
ПР	34,0165	34,0125	34,021	34,0125 ^{+0,004}
НЕ	34,004	34,000	-	34,000 ^{+0,004}
К-ПР	34,015	34,014	-	34,015 _{-0,0015}
К-НЕ	34,0025	34,0015	-	34,0025 _{-0,0015}
К-И	34,0215	34,0205	-	34,0215 _{-0,0015}

1.10. Выполняем эскизы рабочих калибров для контроля отверстия $\text{Ø}34\text{H}7$ (рисунок 3.3) и вала $\text{Ø}34\text{k}6$ (рисунок 3.4).

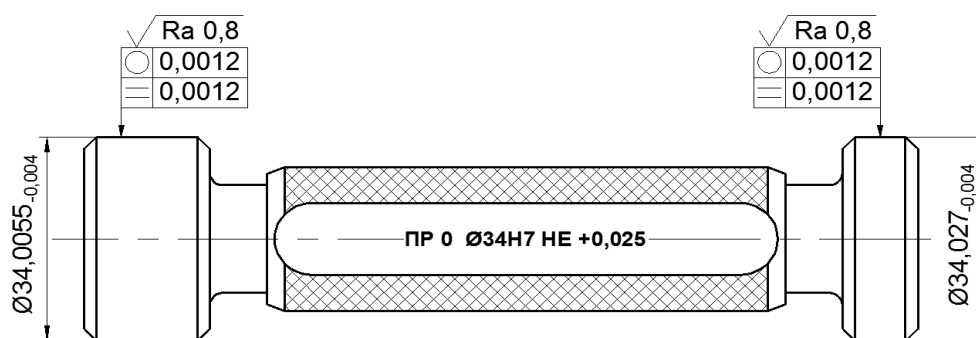


Рисунок 3.3 – Эскиз калибра-пробки (пример)

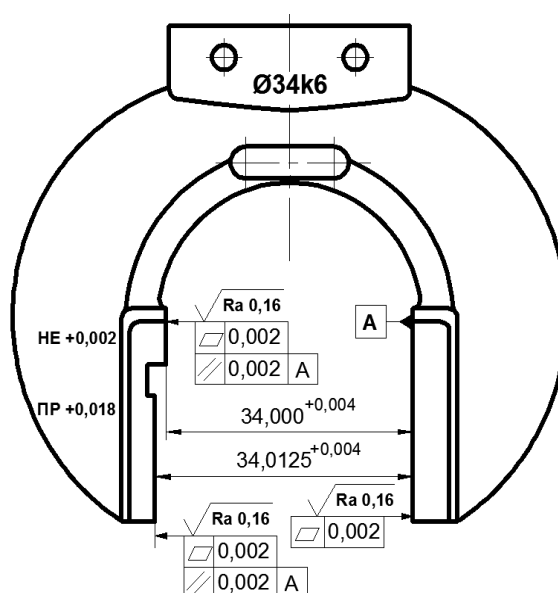


Рисунок 3.3 – Эскиз калибра-скобы (пример)

Примечания

1 Эскизы калибров-пробок выполняются в соответствии с ГОСТ 14807 – ГОСТ 14826.

2 Эскизы калибров-скоб выполняются в соответствии с ГОСТ 18358 – ГОСТ 18369.

3 Числовые значения параметров шероховатости рабочих поверхностей калибров-пробок и калибров-скоб выбираются по ГОСТ 2015.

Варианты заданий для расчета калибров гладких цилиндрических сопряжений приведены в таблице 1.4 (раздел 1 ЭУМК).

4. Выбор, обоснование и расчёт посадок подшипника качения

4.1. Задан подшипник 306 ГОСТ 8338-75.

Исходные данные для расчета посадок подшипника качения:

а) виды нагружения колец подшипника качения:

- внутреннее кольцо испытывает циркуляционное нагружение (вал вращается);

- наружное кольцо испытывает местное нагружение.

б) режим работы подшипника качения – нормальный.

Подшипник 306 относится к шариковым радиальным однорядным открытым, со средней серией диаметров (3) и узкой серией ширин (0). Класс точности подшипника – нормальный.

Основные размеры подшипника качения:

- номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника $d = 30$ мм;

- номинальный диаметр наружной цилиндрической поверхности наружного кольца $D = 72$ мм;

- номинальная ширина подшипника $B = 19$ мм;

- номинальная координата монтажной фаски $r = 2$ мм.

4.2. Определяем предельные отклонения и размеры средних диаметров колец подшипника качения (таблицы 1 – 2 ГОСТ 520).

Предельные отклонения и размеры средних диаметров внутреннего и наружного колец подшипника качения нормального класса точности приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Предельные отклонения и размеры средних диаметров колец подшипника качения

Размер, мм	$ES(es)$, мкм	$EI(ei)$, мкм	$D_{m\max}(d_{m\max})$, мм	$D_{m\min}(d_{m\min})$, мм
$d = 30$	0	- 10	30,000	29,990
$D = 72$	0	- 13	72,000	71,987

4.3. Выбираем посадки внутреннего кольца подшипника на вал и наружного кольца подшипника в отверстие корпуса (таблица 10 и таблица 1 Приложения 5 ГОСТ 3325).

В соответствии с исходными данными (см. п. 4.1) вал вращается, и внутреннее кольцо испытывает циркуляционное нагружение, поэтому в соединении вала с внутренним кольцом подшипника необходимо выбрать посадку с натягом. При нормальном режиме работы рекомендуются следующие посадки вала с внутренним кольцом подшипника качения: $L0/k6$, $L0/js6$.

При местном нагружении наружного кольца подшипника (кольцо находится в корпусе неподвижно) необходимо выбрать посадку наружного кольца подшипника в отверстие корпуса с зазором. При нормальном режиме работы рекомендуются следующие посадки наружного кольца подшипника качения в отверстие корпуса: $H7/10$, $Js7/10$.

Выбираем посадку внутреннего кольца заданного подшипника качения на вал $\varnothing 30L0/k6$ и соответственно посадку наружного кольца подшипника качения в корпус – $\varnothing 72H7/10$.

4.4. Определяем предельные отклонения и размеры вала $\varnothing 30k6$ и отверстия корпуса $\varnothing 72H7$ (таблицы 1 – 2 Приложения 3 ГОСТ 3325).

Примечание – Предельные отклонения и размеры вала и отверстия корпуса можно определить и рассчитать в соответствии с ГОСТ 25346 или ГОСТ 25347.

Результаты расчета предельных отклонений и размеров вала и отверстия корпуса приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Предельные отклонения и размеры вала и отверстия корпуса

Размер, мм	$ES(es)$, мкм	$EI(ei)$, мкм	$D_{\max}(d_{\max})$, мм	$D_{\min}(d_{\min})$, мм
$d = 30$	+ 15	+ 2	30,015	30,002
$D = 72$	+ 30	0	72,030	72,000

4.5. Строим схему расположения полей допусков соединения внутреннего кольца подшипника качения с валом в соответствии с рисунком 4.1.

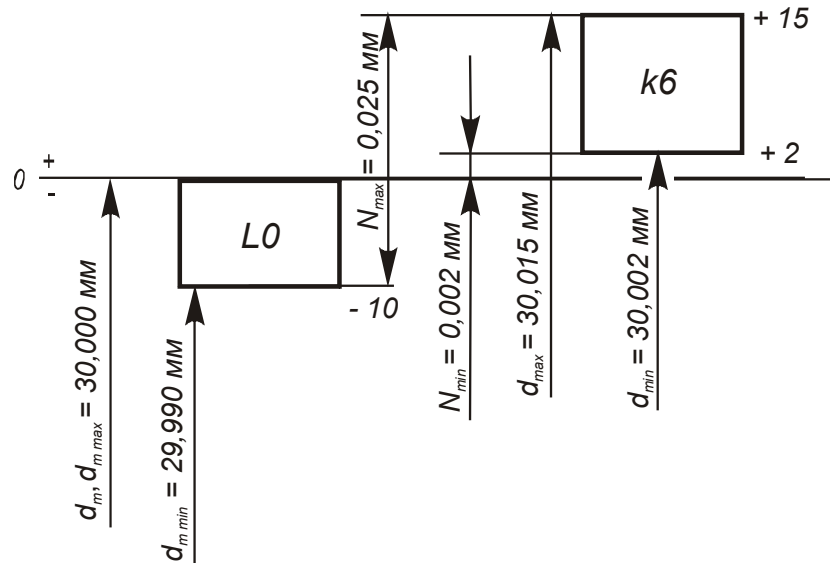


Рисунок 4.1 – Схема расположения полей допусков сопряжения $\text{Ø}30\text{L}0/\text{k}6$

4.6. Рассчитываем значения предельных и среднего натягов в посадке.

$$N_{\max} = d_{\max} - d_{m\min} = 30,015 - 29,990 = 0,025 \text{ мм} = 25 \text{ мкм};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - d_{m\max} = 30,002 - 30,000 = 0,002 \text{ мм} = 2 \text{ мкм};$$

$$N_{\text{ср}} = (N_{\max} + N_{\min})/2 = (25 + 2)/2 = 13,5 \text{ мкм}.$$

4.7. Строим схему расположения полей допусков соединения отверстия корпуса с наружным кольцом подшипника качения в соответствии с рисунком 4.2.

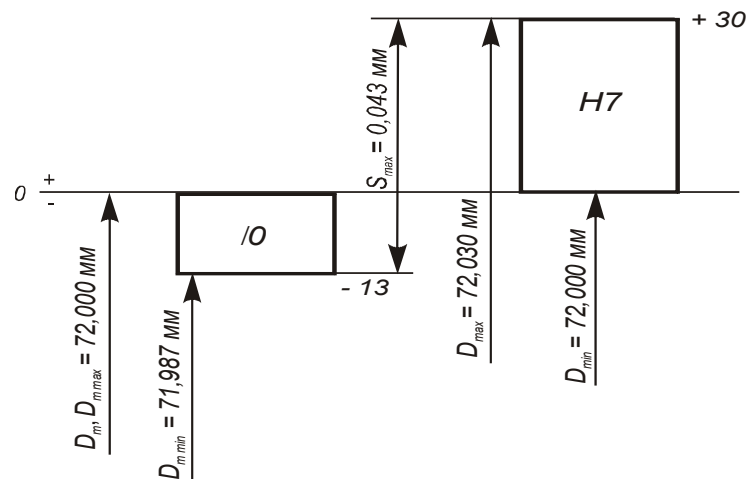


Рисунок 4.2 – Схема расположения полей допусков сопряжения $\text{Ø}72\text{H}7/\text{I}0$

4.8. Рассчитываем значения предельных и среднего зазоров в посадке.

$$S_{\max} = D_{\max} - D_{m\min} = 72,030 - 71,987 = 0,043 \text{ мм} = 43 \text{ мкм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - D_{m\max} = 72,000 - 72,000 = 0,000 \text{ мм};$$

$$S_{\text{ср}} = (S_{\max} + S_{\min})/2 = (43 + 0)/2 = 21,5 \text{ мкм};$$

4.9. Производим проверку наличия в подшипнике качения радиального зазора, который уменьшается по причине натяга при посадке подшипника на вал.

В расчетах принимаем средние значения натяга и зазора в подшипнике как наиболее вероятные:

$$N_{\text{ср}} = 13,5 \text{ мкм};$$

$$N_{\text{эф}} = 0,85 \cdot 13,5 = 11,5 \text{ мкм} = 0,0115 \text{ мм};$$

$$d_0 = d_m + (D_m - d_m)/4 = 30,000 + (72,000 - 30,000)/4 = 40,5 \text{ мм};$$

$$\Delta d_1 = N_{\text{эф}} \cdot d_m / d_0 = 0,0115 \cdot 30 / 40,5 = 0,0085 \text{ мм} = 8,5 \text{ мкм}.$$

По ГОСТ 24810 определяем предельные значения теоретических зазоров в подшипнике 306 до сборки:

$$G_{r\min} = 5 \text{ мкм};$$

$$G_{r\max} = 20 \text{ мкм}.$$

Средний зазор в подшипнике 306 определяется по формуле (как полусумма предельных теоретических зазоров)

$$G_{r\text{ср}} = (G_{r\min} + G_{r\max})/2 = (5 + 20)/2 = 12,5 \text{ мкм}.$$

$$\text{Тогда } G_{\text{пос}} = G_{r\text{ср}} - \Delta d_1 = 12,5 - 8,5 = 4 \text{ мкм}.$$

Расчёт показывает, что при назначении посадки $\text{Ø}30L0/k6$ по внутреннему диаметру зазор в подшипнике качения после посадки будет положительным.

4.10. Назначаем требования к точности посадочных поверхностей вала под внутреннее кольцо подшипника качения и отверстия корпуса под наружное кольцо подшипника качения.

4.10.1. Определяем диаметры заплечиков вала и корпуса (ГОСТ 20226).

Для шарикового радиального однорядного подшипника качения со средней серией диаметров (3) и узкой серией ширин (0) при диаметре вала $d =$

30 мм наименьший и наибольший диаметры заплечика соответственно равны $d_a^{\min} = 36$ мм и $d_a^{\max} = 39$ мм. Выбираем диаметр заплечика $d_a = 36$ мм как предпочтительный размер из ряда *Ra20*.

При диаметре отверстия корпуса $D = 72$ мм для подшипника качения с заданными характеристиками диаметр заплечика равен $D_a = 65$ мм.

4.10.2. Выбираем шероховатость посадочных поверхностей вала и отверстия, сопрягаемых с кольцами подшипника качения (таблица 3 ГОСТ 3325).

Шероховатость посадочных поверхностей при нормальном классе точности подшипника качения для:

- вала $d = 30$ мм *Ra* 1,25 мкм;
- отверстия корпуса $D = 72$ мм *Ra* 1,25 мкм;
- опорных торцов заплечиков вала и отверстия корпуса *Ra* 2,5 мкм.

4.10.3. Выбираем требования к форме посадочных поверхностей вала и корпуса, сопрягаемых с кольцами подшипника качения (таблица 4 ГОСТ 3325).

Допуски круглости и профиля посадочных поверхностей:

- вала под внутреннее кольцо подшипника составляют 3,5 мкм;
- отверстия корпуса под наружное кольцо подшипника оставляют 7,5 мкм.

4.10.4. Выбираем требования к торцовому биению заплечиков вала и отверстия корпуса (таблицы 5 – 6 ГОСТ 3325).

Допуски торцового биения заплечиков вала и отверстия корпуса соответственно составляют 21 мкм и 30 мкм.

- допуска торцового биения заплечика корпуса.

Допуск торцового биения заплечика вала можно округлить до стандартного значения 20 мкм (по ГОСТ 24643).

4.10.5. Рассчитываем числовые значения отклонений от соосности посадочных поверхностей вала и корпуса в подшипниковом узле (Приложение 7 ГОСТ 3325).

Суммарное допустимое отклонение от соосности, вызванное неблагоприятным сочетанием всех видов погрешностей обработки, сборки и

деформации подшипников посадочных поверхностей вала и корпуса под действием нагрузок, оценивается допустимым углом взаимного перекоса θ_{\max} между осями внутреннего и наружного колец подшипников качения, смонтированных в подшипниковых узлах.

Числовые значения допусков соосности посадочных поверхностей для вала и корпусов в подшипниковых узлах различных типов приведены в приложении 7 ГОСТ 3325 при длине посадочного места $B = 10$ мм (в диаметральной выражении). При другой длине посадочного места $B_{\text{ПК}}$ ($B_{\text{ПК}}$ – номинальная ширина заданного подшипника качения) для получения соответствующих допусков соосности табличные значения следует умножить на $B_{\text{ПК}}/10$.

Для подшипника 306, имеющего номинальную ширину $B_{\text{ПК}} = 19$ мм и относящегося к группе радиальных однорядных шариковых подшипников, принимаем нормальный ряд зазоров.

Допуск соосности посадочных поверхностей вала рассчитываем по формуле

$$T_{\text{соосн}} = 4 \cdot B_{\text{ПК}}/10 = 4 \cdot 19/10 = 7,6 \text{ мкм.}$$

Рассчитанное значение допуска соосности округляем до меньшего стандартного значения по ГОСТ 24643 и принимаем $T_{\text{соосн}} = 6$ мкм.

Соответственно для посадочных поверхностей корпуса допуск соосности рассчитываем по формуле

$$T_{\text{соосн}} = 8 \cdot B_{\text{ПК}}/10 = 8 \cdot 19/10 = 15,2 \text{ мкм.}$$

Полученное значение допуска соосности округляем до меньшего стандартного значения по ГОСТ 24643 и принимаем $T_{\text{соосн}} = 12$ мкм.

4.11. Обозначаем требования к точности посадочных поверхностей вала и корпуса, сопрягаемых с внутренним и наружным кольцами подшипников качения в соответствии с рисунками 4.3 – 4.4.

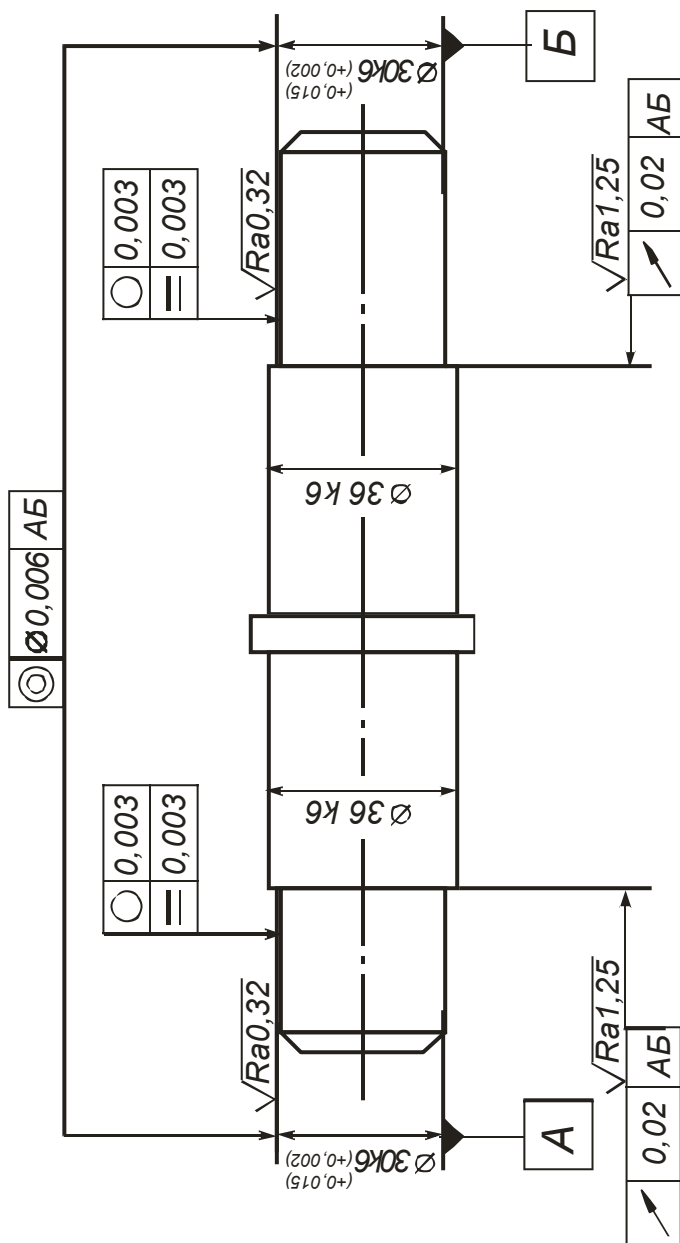


Рисунок 4.3 – Пример обозначения требований к точности поверхностей вала, сопрягаемых с внутренними кольцами подшипников качения

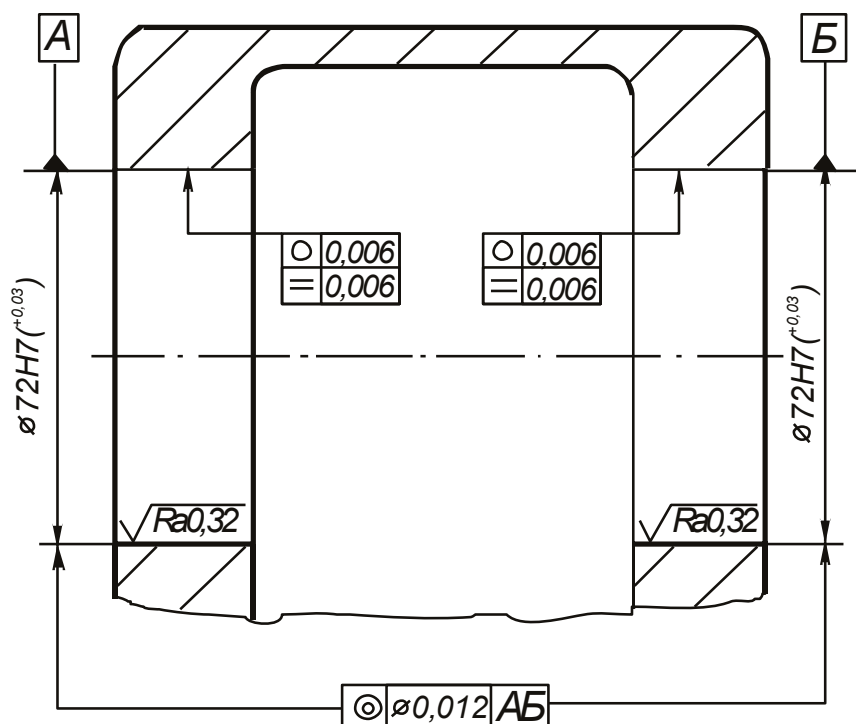


Рисунок 4.4 – Пример обозначения требований к точности поверхностей отверстий корпуса, сопрягаемых с наружными кольцами подшипников качения

Варианты заданий для выбора и расчета посадок подшипников качения приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Варианты заданий для выбора и расчета посадок подшипников качения

Вариант	Подшипник	Виды нагружения колец подшипника		Режим работы
		внутреннее	наружное	
1	2	3	4	5
1	304	местное	циркуляционное	нормальный
2	6-306	местное	циркуляционное	легкий
3	311	циркуляционное	местное	нормальный
4	6-316	циркуляционное	местное	нормальный
5	6-405	колебательное	местное	нормальный
6	6-409	циркуляционное	местное	тяжелый
7	6-304	циркуляционное	местное	нормальный
8	315	циркуляционное	местное	нормальный
9	6-309	колебательное	местное	нормальный
10	6-315	циркуляционное	местное	легкий

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
11	405	местное	циркуляционное	нормальный
12	308	местное	циркуляционное	легкий
13	6-312	циркуляционное	местное	легкий
14	6-408	циркуляционное	местное	нормальный
15	204	циркуляционное	местное	легкий
16	6-407	местное	циркуляционное	тяжелый
17	316	циркуляционное	местное	легкий
18	92309	циркуляционное	местное	тяжелый
19	6-404	циркуляционное	местное	нормальный
20	205	местное	циркуляционное	легкий
21	307	циркуляционное	местное	легкий
22	313	колебательное	местное	нормальный
23	6-205	циркуляционное	местное	легкий
24	406	колебательное	местное	нормальный
25	6-311	циркуляционное	местное	нормальный
26	92312	циркуляционное	местное	тяжелый
27	304	циркуляционное	местное	легкий
28	6-312	циркуляционное	местное	нормальный
29	6-206	местное	циркуляционное	легкий
30	6-307	циркуляционное	местное	легкий
31	6-406	циркуляционное	местное	нормальный
32	6-316	колебательное	местное	нормальный
33	207	циркуляционное	местное	легкий
34	6-313	циркуляционное	местное	легкий
35	6-407	местное	циркуляционное	нормальный
36	6-208	циркуляционное	местное	легкий
37	6-305	местное	циркуляционное	нормальный
38	316	циркуляционное	местное	нормальный
39	6-308	циркуляционное	местное	нормальный
40	407	циркуляционное	местное	тяжелый
41	208	местное	циркуляционное	легкий
42	306	циркуляционное	местное	легкий
43	6-307	местное	циркуляционное	нормальный
44	6-407	колебательное	местное	нормальный
45	6-209	местное	циркуляционное	легкий
46	315	колебательное	местное	нормальный
47	405	циркуляционное	местное	тяжелый
48	311	циркуляционное	местное	легкий
49	407	циркуляционное	местное	нормальный
50	309	местное	циркуляционное	нормальный
51	6-405	циркуляционное	местное	нормальный
52	310	циркуляционное	местное	нормальный
53	305	местное	циркуляционное	нормальный
54	314	циркуляционное	местное	нормальный
55	408	циркуляционное	местное	тяжелый

Окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5
56	308	местное	циркуляционное	нормальный
57	92310	циркуляционное	местное	нормальный
58	210	циркуляционное	местное	легкий
59	305	местное	циркуляционное	легкий
60	6-311	циркуляционное	местное	легкий
61	6-92307	циркуляционное	местное	тяжелый
62	314	циркуляционное	местное	легкий
63	6-406	циркуляционное	местное	тяжелый
64	309	колебательное	местное	нормальный
65	211	местное	циркуляционное	легкий
66	306	циркуляционное	местное	нормальный
67	6-315	циркуляционное	местное	нормальный
68	406	местное	циркуляционное	тяжелый
69	6-306	местное	циркуляционное	нормальный
70	309	местное	циркуляционное	легкий
71	6-310	циркуляционное	местное	нормальный
72	6-211	циркуляционное	местное	легкий
73	312	циркуляционное	местное	нормальный
74	6-408	циркуляционное	местное	тяжелый
75	307	циркуляционное	местное	нормальный
76	6-313	циркуляционное	местное	нормальный
77	6-310	циркуляционное	местное	легкий
78	6-306	колебательное	местное	нормальный
79	409	циркуляционное	местное	тяжелый
80	92306	циркуляционное	местное	тяжелый
81	6-314	местное	циркуляционное	легкий
82	6-305	местное	циркуляционное	легкий
83	6-309	циркуляционное	местное	нормальный
84	304	циркуляционное	местное	нормальный
85	313	местное	циркуляционное	легкий
86	308	колебательное	местное	нормальный
87	6-409	циркуляционное	местное	нормальный
88	6-314	колебательное	местное	нормальный
89	408	циркуляционное	местное	нормальный
90	212	циркуляционное	местное	легкий
91	313	местное	циркуляционное	нормальный
92	6-305	колебательное	местное	нормальный
93	6-92308	циркуляционное	местное	нормальный
94	409	местное	циркуляционное	нормальный
95	6-304	циркуляционное	местное	легкий
96	6-314	местное	циркуляционное	нормальный
97	6-212	циркуляционное	местное	легкий
98	312	циркуляционное	местное	легкий
99	92307	циркуляционное	местное	нормальный
100	404	местное	циркуляционное	тяжелый

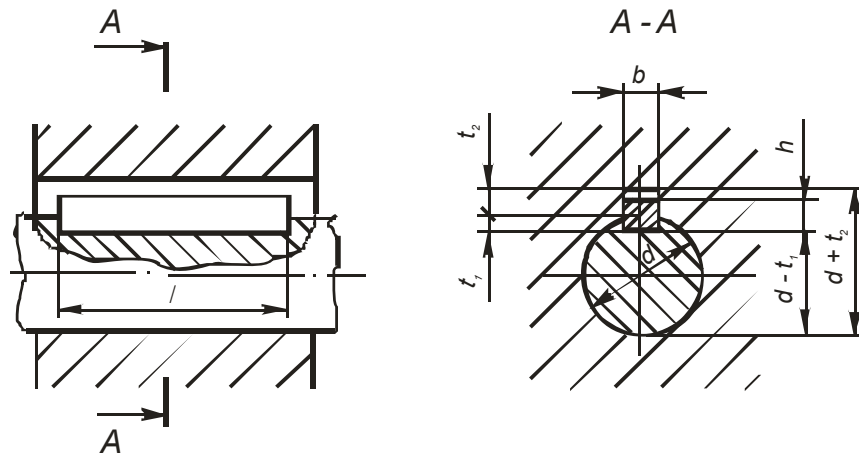
5. Расчет посадок шпоночного соединения

5.1. Исходные данные:

- диаметр вала $d = 34$ мм;
- вращение от вала к втулке (зубчатому колесу) передается с помощью призматической шпонки (исполнение 1);
- длина шпонки $l = 25$ мм;
- нормальное шпоночное соединение.

5.2. Определяем основные размеры призматической шпонки и шпоночных пазов в шпоночном соединении.

Основные размеры призматической шпонки и шпоночных пазов определяем по ГОСТ 23360 и в соответствии с рисунком 5.1.



d – диаметр вала; h – высота шпонки; b – ширина шпонки;
 t_1 – глубина паза вала; t_2 – глубина паза втулки; l – длина шпонки
Рисунок 5.1 – Размеры шпонки и сечений шпоночных пазов

$$b = 10 \text{ мм};$$

$$h = 8 \text{ мм};$$

$$t_1 = 5^{+0,2} \text{ мм};$$

$$t_2 = 3,3^{+0,2} \text{ мм}.$$

Условное обозначение: Шпонка 10×8×25 ГОСТ 23360-78.

5.3. Расчет шпоночного соединения по ширине шпонки b .

5.3.1. Ширина шпонки $b = 10h^9$ (ГОСТ 25346)

$$es = 0,$$

$$ei = -36 \text{ мкм},$$

$$b_{\max} = 10,000 + 0 = 10,000 \text{ мм},$$

$$b_{\min} = 10,000 - 0,036 = 9,964 \text{ мм}.$$

5.3.2. Ширина паза вала $B_1 = 10N9$ (таблица 2 ГОСТ 23360)

$$ES = 0,$$

$$EI = -36 \text{ мкм},$$

$$B_{1\max} = 10,000 + 0 = 10,000 \text{ мм},$$

$$B_{1\min} = 10,000 - 0,036 = 9,964 \text{ мм}.$$

5.3.3. Ширина паза втулки $B_2 = 10J_s9$ (таблица 2 ГОСТ 23360)

$$ES = +18 \text{ мкм},$$

$$EI = -18 \text{ мкм},$$

$$B_{2\max} = 10,000 + 0,018 = 10,018 \text{ мм},$$

$$B_{2\min} = 10,000 - 0,018 = 9,982 \text{ мм}.$$

5.4. Строим схему расположения полей допусков шпоночного соединения по ширине шпонки в соответствии с рисунком 5.1.

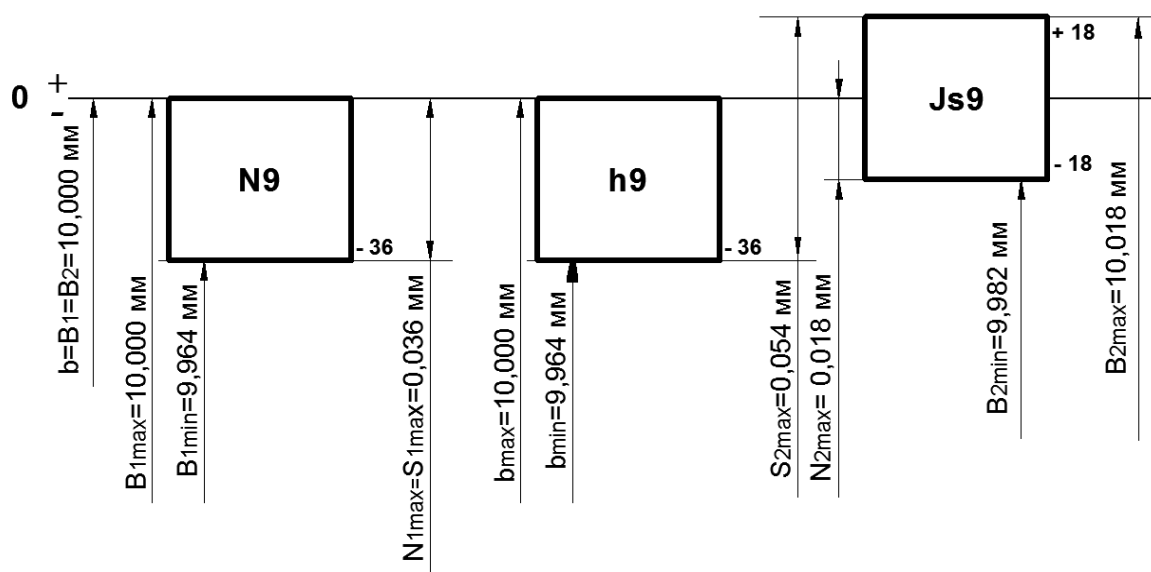


Рисунок 5.1 – Схема расположения полей допусков шпоночного соединения по ширине шпонки

5.5. Рассчитываем предельные значения зазора и натяга в соединении паза вала со шпонкой по ширине $10N9/h9$ (см. рисунок 5.1).

$$S_{1\max} = B_{1\max} - b_{\min} = 10,000 - 9,964 = 0,036 \text{ мм},$$

$$N_{1\max} = b_{\max} - B_{1\min} = 10,000 - 9,964 = 0,036 \text{ мм}.$$

5.6. Рассчитываем предельные значения зазора и натяга в соединении паза втулки со шпонкой по ширине $10Js9/h9$ (см. рисунок 5.1).

$$S_{2\max} = B_{2\max} - b_{\min} = 10,018 - 9,964 = 0,054 \text{ мм},$$

$$N_{2\max} = b_{\max} - B_{2\min} = 10,000 - 9,982 = 0,018 \text{ мм}.$$

5.7. Расчет шпоночного соединения по высоте шпонки h .

5.7.1. Высота шпонки $h = 8 h11$ (ГОСТ 25346)

$$IT = 90 \text{ мкм},$$

$$es = 0,$$

$$ei = -90 \text{ мкм},$$

$$h_{\max} = 8,000 \text{ мм},$$

$$h_{\min} = 7,910 \text{ мм}.$$

5.7.2. Глубина паза вала $t_1 = 5^{+0,2}$ мм (ГОСТ 23360)

$$t_{1\max} = 5,200 \text{ мм},$$

$$t_{1\min} = 5,000 \text{ мм}.$$

5.7.3. Глубина паза втулки $t_2 = 3,3^{+0,2}$ мм (ГОСТ 23360)

$$t_{2\max} = 3,500 \text{ мм},$$

$$t_{2\min} = 3,300 \text{ мм}.$$

5.8. Рассчитываем значения предельных зазоров в соединении.

$$S_{\max} = t_{1\max} + t_{2\max} - h_{\min} = 5,200 + 3,500 - 7,910 = 0,790 \text{ мм},$$

$$S_{\min} = t_{1\min} + t_{2\min} - h_{\max} = 5,000 + 3,300 - 8,000 = 0,300 \text{ мм}.$$

5.9. Расчет шпоночного соединения по длине шпонки l .

5.9.1. Длина шпонки $l = 25 h14$ (ГОСТ 23360)

$$IT = 0,52 \text{ мм (ГОСТ 25346)},$$

$$es = 0,$$

$$ei = -0,52 \text{ мм},$$

$$l_{\max} = 25,000 \text{ мм},$$

$$l_{\min} = 24,480 \text{ мм}.$$

5.9.2. Длина паза вала $L = 25 H15$ (ГОСТ 23360)

$$IT = 0,84 \text{ мм (ГОСТ 25346),}$$

$$EI = 0,$$

$$ES = + 0,84 \text{ мм,}$$

$$L_{\max} = 25,840 \text{ мм,}$$

$$L_{\min} = 25,000 \text{ мм.}$$

5.10. Строим схему расположения полей допусков по длине шпоночного паза в соответствии с рисунком 5.4.

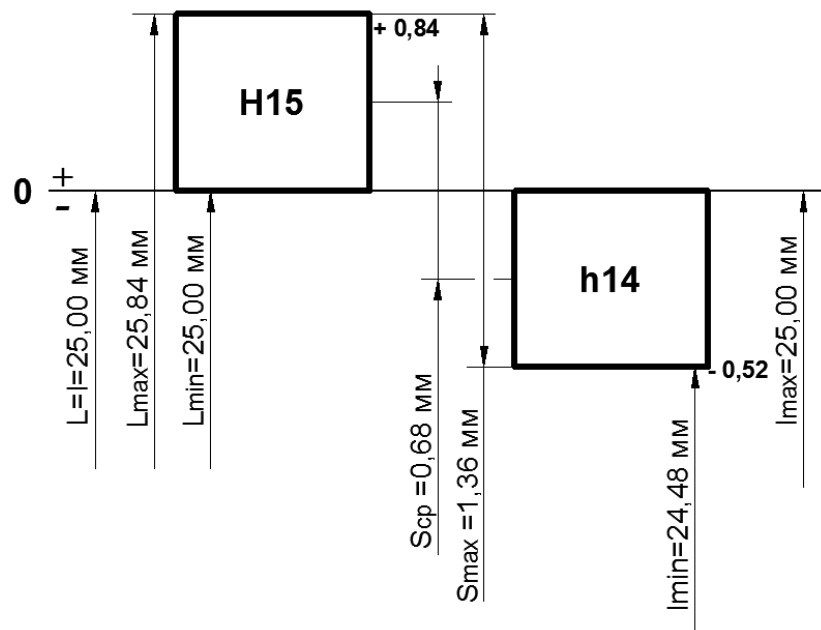


Рисунок 5.4 – Схема расположения полей допусков по длине шпоночного паза

5.11. Рассчитываем значения предельных зазоров.

$$S_{\max} = L_{\max} - l_{\min} = 25,840 - 24,480 = 1,360 \text{ мм,}$$

$$S_{\min} = L_{\min} - l_{\max} = 25,000 - 25,000 = 0,000 \text{ мм,}$$

$$S_{\text{cp}} = (S_{\max} + S_{\min})/2 = 0,68 \text{ мм.}$$

5.12. Устанавливаем требования, предъявляемые к точности поверхностей сечений шпоночных пазов вала и втулки (зубчатого колеса) на чертежах, в соответствии с рисунками 5.5 – 5.6.

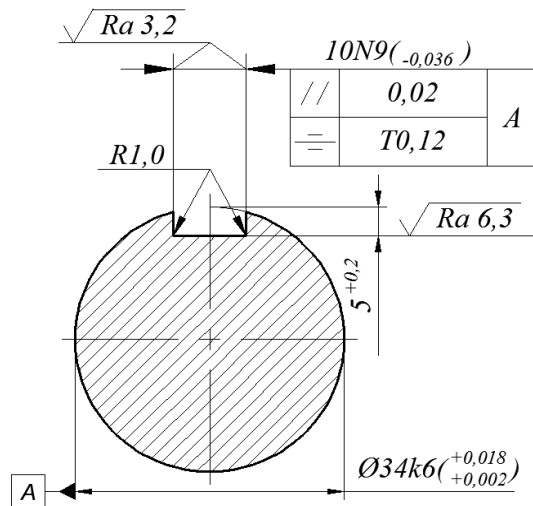


Рисунок 5.5 – Требования, предъявляемые к точности поверхностей шпоночного паза вала на чертеже

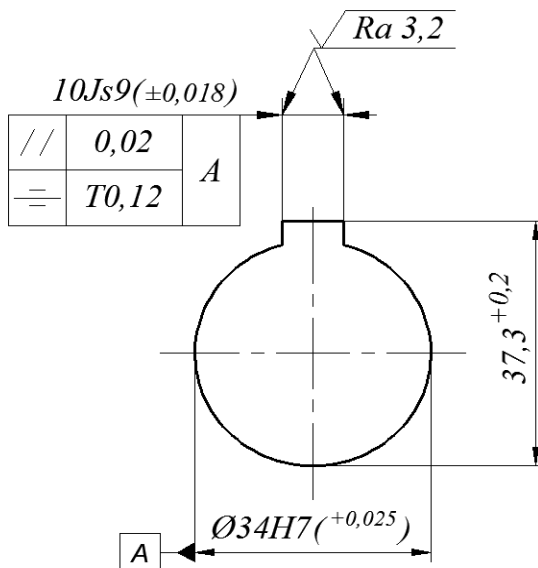


Рисунок 5.6 – Требования, предъявляемые к точности поверхностей шпоночного паза втулки (зубчатого колеса) на чертеже

Варианты заданий для выбора и расчета посадок шпоночных соединений приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Варианты заданий для выбора и расчета посадок шпоночных соединений

Вариант	Диаметр вала d , мм	Длина шпонки l , мм	Вид соединения	Вариант	Диаметр вала d , мм	Длина шпонки l , мм	Вид соединения
1	2	3	4	5	6	7	8
1	8	10	свободное	36	95	80	плотное
2	10	12	нормальное	37	110	100	свободное
3	12	16	плотное	38	56	45	нормальное
4	16	18	свободное	39	45	70	плотное
5	20	22	нормальное	40	50	63	свободное
6	22	28	плотное	41	40	32	нормальное
7	25	20	свободное	42	36	56	плотное
8	28	32	нормальное	43	32	45	свободное
9	30	36	плотное	44	20	18	нормальное
10	32	25	свободное	45	16	14	плотное
11	36	40	нормальное	46	12	10	свободное
12	40	36	плотное	47	8	12	нормальное
13	45	50	свободное	48	63	70	плотное
14	50	45	нормальное	49	80	100	свободное
15	56	70	плотное	50	100	140	нормальное
16	63	56	свободное	51	110	160	плотное
17	71	63	нормальное	52	120	90	свободное
18	80	70	плотное	53	160	110	нормальное
19	85	80	свободное	54	200	125	плотное
20	90	100	нормальное	55	38	45	свободное
21	95	110	плотное	56	22	16	нормальное
22	100	90	свободное	57	45	36	плотное
23	120	140	нормальное	58	60	63	свободное
24	140	125	плотное	59	85	70	нормальное
25	160	180	свободное	60	90	80	плотное
26	180	160	нормальное	61	18	20	свободное
27	200	220	плотное	62	22	18	нормальное
28	14	20	свободное	63	48	50	плотное
29	18	32	нормальное	64	38	25	свободное
30	26	28	плотное	65	42	32	нормальное
31	38	25	свободное	66	25	40	плотное
32	42	56	нормальное	67	18	16	свободное
33	48	36	плотное	68	14	32	нормальное
34	60	50	свободное	69	10	22	плотное
35	75	90	нормальное	70	22	36	свободное

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
71	63	80	нормальное	86	160	220	нормальное
72	28	20	плотное	87	200	110	плотное
73	12	28	свободное	88	140	100	свободное
74	30	45	нормальное	89	95	70	нормальное
75	36	25	плотное	90	71	80	плотное
76	25	50	свободное	91	60	125	свободное
77	32	63	нормальное	92	50	40	нормальное
78	40	56	плотное	93	8	18	плотное
79	48	70	свободное	94	16	28	свободное
80	56	90	нормальное	95	26	20	нормальное
81	80	125	плотное	96	75	56	плотное
82	90	140	свободное	97	28	25	свободное
83	100	160	нормальное	98	6,3	8	нормальное
84	110	180	плотное	99	85	110	плотное
85	120	200	свободное	100	10	14	свободное

6. Расчет посадок прямобочного шлицевого соединения

6.1. Дано прямобочное шлицевое соединение с центрированием по наружному диаметру $D-6\times 16\times 20\ H7/n6\times 4\ F8/j_57$ (средняя серия по ГОСТ 1139).

D – элемент центрирования;

$z = 6$ – число зубьев;

$d = 16$ мм – внутренний диаметр;

$D = 20$ мм – наружный диаметр;

$b = 4$ мм – ширина зуба (шлица);

$H7/n6$ – посадка по диаметру центрирования D ;

$F8/j_57$ – посадка по размеру b .

Примечание – Допускается для нецентрируемого элемента посадку не обозначать.

6.2. Определяем предельные отклонения и размеры каждого элемента шлицевого прямобочного соединения.

Расчет предельных размеров элементов шлицевого соединения и зазоров (натягов) аналогичен расчету гладких цилиндрических сопряжений (см. раздел 1 данного ЭУМК) в соответствии с ГОСТ 25346.

6.2.1. Рассчитываем предельные размеры в сопряжении $\text{Ø}20\ H7/n6$.

$$D_{\max} = D_0 + ES = 20,000 + 0,021 = 20,021 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_0 + EI = 20,000 + 0,000 = 20,000 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_0 + es = 20,000 + 0,028 = 20,028 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_0 + ei = 20,000 + 0,015 = 20,015 \text{ мм}.$$

6.2.2. Рассчитываем предельные размеры в сопряжении $4\ F8/j_57$.

$$B_{\max} = B_0 + ES = 4,000 + 0,028 = 4,028 \text{ мм};$$

$$B_{\min} = B_0 + EI = 4,000 + 0,010 = 4,010 \text{ мм};$$

$$b_{\max} = b_0 + es = 4,000 + 0,006 = 4,006 \text{ мм};$$

$$b_{\min} = b_0 + ei = 4,000 - 0,006 = 3,994 \text{ мм}.$$

6.3. Строим схемы расположения полей допусков элементов шлицевого прямобочного соединения в соответствии с рисунком 6.1.

6.5. Рассчитываем предельные зазоры и натяги в сопряжении $\text{Ø}20\text{ H}7/n6$.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 20,021 - 20,015 = 0,006 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 20,028 - 20,000 = 0,028 \text{ мм}.$$

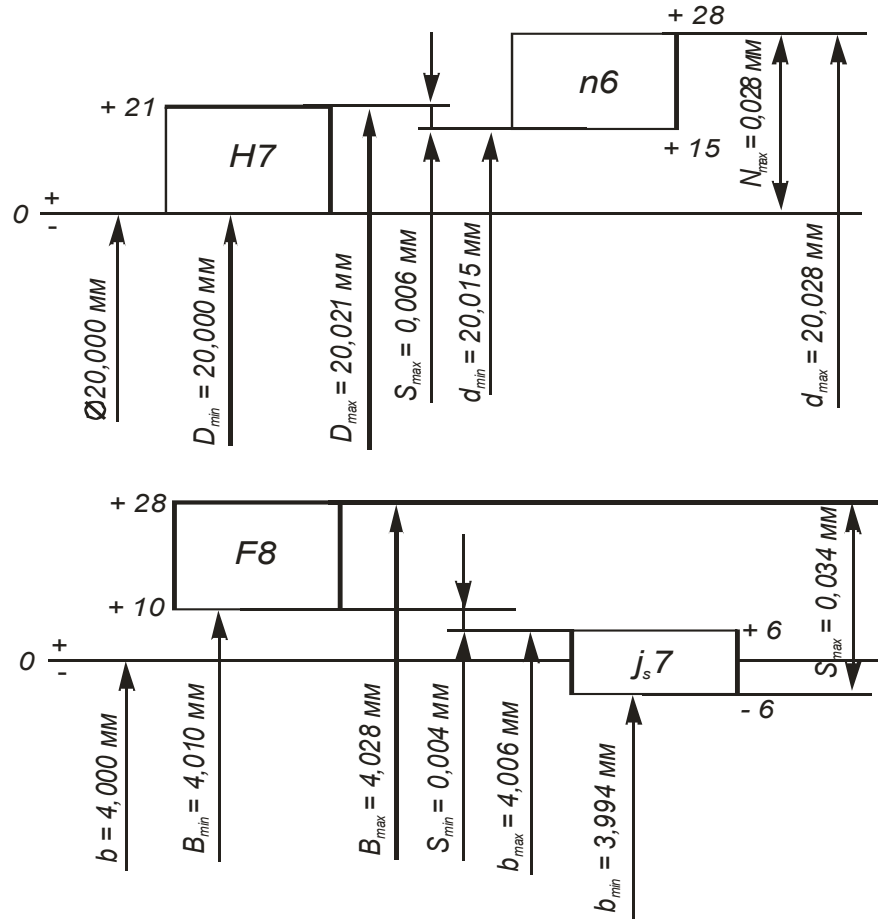


Рисунок 6.1 – Схемы расположения полей допусков элементов
шлицевого прямобочного соединения

6.6. Рассчитываем предельные зазоры в сопряжении $4\text{ F}8/j_s7$.

$$S_{\max} = B_{\max} - b_{\min} = 4,028 - 3,994 = 0,034 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = B_{\min} - b_{\max} = 4,010 - 4,006 = 0,004 \text{ мм}.$$

6.7. Определяем предельные отклонения и размеры для внутреннего диаметра (нецентрирующего элемента).

6.6.1. Отверстие шлицевой втулки $\text{Ø}16\text{ H}11^{(+0,110)}$ (ГОСТ 1139).

$$D_{\max} = D_0 + ES = 16,000 + 0,110 = 16,110 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = D_0 + EI = 16,000 + 0,000 = 16,000 \text{ мм}.$$

6.6.2. Диаметр вала d_1 не менее 14,5 мм.

6.7. Строим схему расположения полей допусков по внутреннему диаметру (нецентрирующему элементу) шлицевого соединения в соответствии с рисунком 6.2.

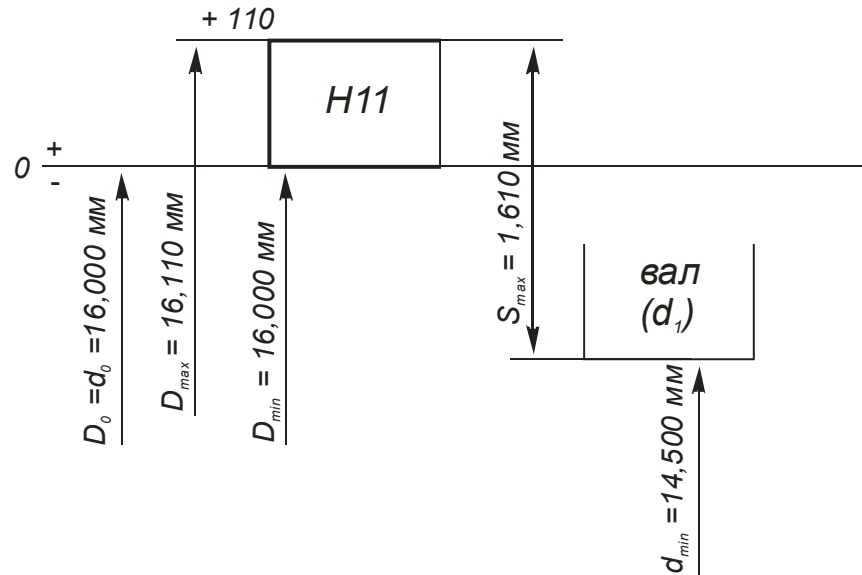


Рисунок 6.2 – Схема расположения полей допусков шлицевого соединения по внутреннему диаметру (нецентрирующему элементу)

6.8. Рассчитываем предельные зазоры в сопряжении по внутреннему диаметру (нецентрирующему элементу).

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{1\min} = 16,110 - 14,500 = 1,610 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{1\max} = 16,000 - 16,000 = 0,000 \text{ мм}.$$

Варианты заданий для расчета посадок шлицевых соединений приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Варианты заданий для расчета посадок шлицевых соединений

Вариант	Шлицевые соединения	Вариант	Шлицевые соединения
1	2	3	4
1	$d-6 \times 23 \frac{H6}{g5} \times 26 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F8}{f7}$	23	$D-6 \times 28 \frac{H11}{a11} \times 32 \frac{H8}{e8} \times 7 \frac{D9}{e8}$
2	$D-6 \times 23 \frac{H11}{a11} \times 26 \frac{H7}{f7} \times 6 \frac{F8}{e8}$	24	$b-6 \times 18 \frac{H11}{a11} \times 22 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{d9}$
3	$b-6 \times 23 \frac{H11}{a11} \times 26 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F8}{f8}$	25	$d-10 \times 23 \frac{H8}{g5} \times 29 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{F8}{js7}$
4	$d-6 \times 11 \frac{H6}{g5} \times 14 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{F8}{h8}$	26	$D-10 \times 23 \frac{H11}{a11} \times 29 \frac{H8}{g8} \times 4 \frac{F8}{f8}$
5	$D-6 \times 11 \frac{H11}{a11} \times 14 \frac{H7}{f7} \times 3 \frac{F8}{e8}$	27	$b-10 \times 23 \frac{H11}{a11} \times 29 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{F8}{js7}$
6	$b-6 \times 11 \frac{H11}{a11} \times 14 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{F8}{e8}$	28	$d-8 \times 32 \frac{H7}{h7} \times 36 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F8}{h8}$
7	$d-10 \times 18 \frac{H8}{e8} \times 23 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{D9}{e8}$	29	$D-8 \times 32 \frac{H11}{a11} \times 36 \frac{H8}{h8} \times 6 \frac{F8}{f7}$
8	$D-10 \times 18 \frac{H11}{a11} \times 23 \frac{H8}{e8} \times 3 \frac{D9}{f7}$	30	$b-8 \times 32 \frac{H11}{a11} \times 36 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D8}{a8}$
9	$b-10 \times 18 \frac{H11}{a11} \times 23 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{D9}{h9}$	31	$d-6 \times 21 \frac{H7}{h7} \times 25 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{H8}{js7}$
10	$d-6 \times 26 \frac{H7}{h7} \times 30 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{H8}{h8}$	32	$D-6 \times 21 \frac{H11}{a11} \times 25 \frac{H7}{h8} \times 5 \frac{H8}{h8}$
11	$D-6 \times 26 \frac{H11}{a11} \times 30 \frac{H7}{js6} \times 6 \frac{F8}{h8}$	33	$b-6 \times 21 \frac{H11}{a11} \times 25 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{F8}{e8}$
12	$b-6 \times 26 \frac{H11}{a11} \times 30 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{d9}$	34	$d-10 \times 28 \frac{H8}{js8} \times 35 \frac{H12}{a12} \times 4 \frac{F8}{a8}$
13	$d-6 \times 16 \frac{H7}{f7} \times 20 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{F8}{h7}$	35	$D-10 \times 28 \frac{H11}{a11} \times 35 \frac{H8}{g8} \times 4 \frac{F8}{f7}$
14	$D-6 \times 16 \frac{H11}{a11} \times 20 \frac{H7}{h7} \times 4 \frac{F8}{h6}$	36	$b-10 \times 28 \frac{H11}{a11} \times 35 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{F9}{f9}$
15	$b-6 \times 16 \frac{H11}{a11} \times 20 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{D9}{h8}$	37	$d-8 \times 36 \frac{H11}{js6} \times 40 \frac{H12}{a12} \times 7 \frac{H8}{h7}$
16	$d-10 \times 21 \frac{H7}{h7} \times 26 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{D9}{h8}$	38	$D-8 \times 36 \frac{H11}{a11} \times 40 \frac{H7}{g8} \times 7 \frac{H8}{h8}$
17	$D-10 \times 21 \frac{H11}{a11} \times 26 \frac{H7}{h8} \times 3 \frac{F8}{e8}$	39	$b-8 \times 36 \frac{H11}{a11} \times 40 \frac{H12}{a12} \times 7 \frac{F9}{f8}$
18	$b-6 \times 28 \frac{H11}{a11} \times 32 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{h8}$	40	$d-6 \times 23 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{H8}{h7}$
19	$d-6 \times 18 \frac{H7}{f7} \times 22 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{f9}$	41	$D-6 \times 23 \frac{H11}{a11} \times 28 \frac{H7}{h6} \times 6 \frac{D9}{e8}$
20	$D-6 \times 18 \frac{H11}{a11} \times 22 \frac{H7}{e7} \times 7 \frac{D9}{e9}$	42	$b-6 \times 23 \frac{H11}{a11} \times 28 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F8}{e8}$
21	$b-10 \times 21 \frac{H11}{a11} \times 26 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{D9}{e8}$	43	$d-10 \times 32 \frac{H7}{a7} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{d9}$
22	$d-6 \times 28 \frac{H7}{f7} \times 32 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{F8}{d8}$	44	$D-10 \times 32 \frac{H11}{a11} \times 40 \frac{H8}{e8} \times 5 \frac{E8}{f7}$

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
45	$b-10 \times 32 \frac{H11}{a1} \times 40 \frac{H12}{a1} \times 5 \frac{F8}{f8}$	70	$d-10 \times 42 \frac{H7}{e8} \times 52 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{H8}{f8}$
46	$d-8 \times 42 \frac{H7}{h6} \times 46 \frac{H12}{a1} \times 8 \frac{F8}{h7}$	71	$D-10 \times 42 \frac{H11}{a1} \times 52 \frac{H7}{j_s,6} \times 6 \frac{F8}{h6}$
47	$D-8 \times 42 \frac{H11}{a1} \times 46 \frac{H7}{h6} \times 8 \frac{F8}{e8}$	72	$b-10 \times 42 \frac{H11}{a1} \times 52 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{D9}{k7}$
48	$b-8 \times 42 \frac{H11}{a1} \times 46 \frac{H12}{a12} \times 8 \frac{D9}{f8}$	73	$d-10 \times 46 \frac{H8}{e8} \times 56 \frac{H12}{a1} \times 7 \frac{D9}{j_s7}$
49	$d-6 \times 26 \frac{H6}{g6} \times 32 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{F8}{d8}$	74	$D-10 \times 46 \frac{H11}{a1} \times 56 \frac{H7}{g6} \times 7 \frac{F10}{e9}$
50	$D-6 \times 26 \frac{H11}{a1} \times 32 \frac{H8}{e8} \times 6 \frac{F8}{f8}$	75	$b-10 \times 46 \frac{H11}{a1} \times 56 \frac{H12}{a1} \times 7 \frac{F10}{e8}$
51	$b-6 \times 26 \frac{H11}{a1} \times 32 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{F10}{j_s7}$	76	$d-8 \times 52 \frac{H6}{j_s5} \times 58 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{E8}{h7}$
52	$d-10 \times 36 \frac{H7}{g6} \times 45 \frac{H12}{a12} \times 5 \frac{H8}{f8}$	77	$D-8 \times 52 \frac{H11}{a1} \times 58 \frac{H7}{g6} \times 10 \frac{F8}{h6}$
53	$D-10 \times 36 \frac{H11}{a1} \times 45 \frac{H7}{f7} \times 5 \frac{D9}{f7}$	78	$b-8 \times 52 \frac{H11}{a1} \times 58 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{D9}{j_s7}$
54	$b-10 \times 36 \frac{H11}{a1} \times 45 \frac{H12}{a1} \times 5 \frac{D9}{f9}$	79	$d-8 \times 46 \frac{H8}{g6} \times 54 \frac{H12}{a1} \times 9 \frac{F8}{f8}$
55	$d-8 \times 46 \frac{H7}{e8} \times 50 \frac{H12}{a1} \times 9 \frac{H8}{f8}$	80	$D-8 \times 46 \frac{H11}{a1} \times 54 \frac{H7}{h6} \times 9 \frac{F8}{f7}$
56	$D-8 \times 46 \frac{H11}{a1} \times 50 \frac{H7}{h6} \times 9 \frac{F8}{h8}$	81	$b-8 \times 46 \frac{H11}{a1} \times 54 \frac{H12}{a1} \times 9 \frac{H10}{d9}$
57	$b-8 \times 46 \frac{H11}{a1} \times 50 \frac{H12}{a1} \times 9 \frac{D9}{e8}$	82	$d-8 \times 52 \frac{H8}{e8} \times 60 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{D9}{j_s7}$
58	$d-6 \times 28 \frac{H7}{h6} \times 34 \frac{H12}{a1} \times 7 \frac{F8}{f8}$	83	$D-8 \times 52 \frac{H11}{a1} \times 60 \frac{H7}{g6} \times 10 \frac{D9}{f7}$
59	$D-6 \times 28 \frac{H11}{a1} \times 34 \frac{H7}{h6} \times 7 \frac{F8}{f7}$	84	$b-8 \times 52 \frac{H11}{a1} \times 60 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{F10}{k7}$
60	$b-6 \times 28 \frac{H11}{a1} \times 34 \frac{H12}{h1} \times 7 \frac{D9}{d9}$	85	$d-8 \times 56 \frac{H7}{j_s8} \times 65 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{D9}{e8}$
61	$d-8 \times 32 \frac{H8}{e8} \times 38 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{D9}{f7}$	86	$D-8 \times 56 \frac{H11}{a1} \times 65 \frac{H7}{j_s6} \times 10 \frac{D9}{f7}$
62	$D-8 \times 32 \frac{H11}{a1} \times 38 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{F8}{f8}$	87	$b-8 \times 56 \frac{H11}{a1} \times 65 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{F8}{j_s7}$
63	$b-8 \times 32 \frac{H11}{a1} \times 38 \frac{H12}{a1} \times 6 \frac{D9}{e8}$	88	$d-16 \times 52 \frac{H7}{h6} \times 60 \frac{H12}{a1} \times 5 \frac{D9}{a9}$
64	$d-8 \times 36 \frac{H7}{f7} \times 42 \frac{H12}{a1} \times 7 \frac{F8}{h7}$	89	$D-16 \times 52 \frac{H11}{a1} \times 60 \frac{H7}{f7} \times 5 \frac{F8}{e8}$
65	$D-8 \times 36 \frac{H11}{a1} \times 42 \frac{H7}{h8} \times 7 \frac{F8}{h8}$	90	$b-16 \times 52 \frac{H11}{a1} \times 60 \frac{H12}{a1} \times 5 \frac{F10}{h8}$
66	$b-8 \times 36 \frac{H11}{a1} \times 42 \frac{H12}{a1} \times 7 \frac{D9}{e8}$	91	$d-16 \times 56 \frac{H8}{e8} \times 65 \frac{H12}{a1} \times 5 \frac{D9}{k7}$
67	$d-8 \times 42 \frac{H7}{g6} \times 48 \frac{H12}{a1} \times 8 \frac{H8}{h7}$	92	$D-16 \times 56 \frac{H11}{a1} \times 65 \frac{H7}{h6} \times 5 \frac{F8}{e8}$
68	$D-8 \times 42 \frac{H11}{a1} \times 48 \frac{H8}{e8} \times 8 \frac{D9}{j_s7}$	93	$b-16 \times 56 \frac{H11}{a1} \times 65 \frac{H12}{a1} \times 5 \frac{D9}{h9}$
69	$b-8 \times 42 \frac{H11}{a1} \times 48 \frac{H12}{a1} \times 8 \frac{F10}{e8}$	94	$d-8 \times 52 \frac{H7}{h6} \times 58 \frac{H12}{a1} \times 10 \frac{D9}{f8}$

Окончание таблицы 6.1

1	2	3	4
95	$D-8 \times 52 \frac{H11}{a11} \times 58 \frac{H7}{h6} \times 10 \frac{D9}{e8}$	98	$D-8 \times 56 \frac{H11}{a11} \times 62 \frac{H8}{e8} \times 10 \frac{D9}{h8}$
96	$b-8 \times 52 \frac{H11}{a11} \times 58 \frac{H12}{h11} \times 10 \frac{D10}{d8}$	99	$b-8 \times 56 \frac{H11}{a11} \times 62 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{F8}{js7}$
97	$d-8 \times 56 \frac{H7}{js6} \times 62 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{D9}{f8}$	100	$D-8 \times 62 \frac{H6}{js5} \times 72 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{f9}$

7. Расчёт посадок резьбовых соединений

7.1. Пример расчёта резьбовой посадки с зазором

7.1.1. Дана резьбовая посадка с зазором: M12×1,5 – 6H/6g.

M – резьба метрическая;

12 мм – номинальный диаметр резьбы;

$P = 1,5$ мм – мелкий шаг резьбы (крупный шаг резьбы выбирается по ГОСТ 24705 и в обозначении не указывается);

6H – поле допуска внутренней резьбы (гайки) по среднему и внутреннему диаметрам;

6g – поле допуска наружной резьбы (болта) по среднему и наружному диаметрам.

7.1.2. Определяем номинальные значения диаметров внутренней резьбы (гайки) и наружной резьбы (болта) (ГОСТ 24705).

$$d = D = 12,000 \text{ мм};$$

$$d_2 = D_2 = 11,026 \text{ мм};$$

$$d_1 = D_1 = 10,376 \text{ мм};$$

$$d_3 = 10,160 \text{ мм};$$

$$P = 1,5 \text{ мм}.$$

7.1.3. Определяем предельные отклонения диаметров резьбовых деталей с внутренней резьбой (гайки) и наружной резьбой (болта) (таблицы А.1 – А.2 Приложения А ГОСТ 16093) и результаты представляем в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Предельные отклонения диаметров гайки и болта

Номинальный диаметр резьбы, мм	Предельные отклонения болта, мкм		Предельные отклонения гайки, мкм	
	es	ei	ES	EI
$D = d = 12,000$	-32	-268	не ограничено	0
$D_2 = d_2 = 11,026$	-32	-172	+190	0
$D_1 = d_1 = 10,376$	-32	не ограничено	+300	0

7.1.4. Определяем предельные размеры наружной резьбы (болта) и результаты представляем в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Предельные размеры болта (по диаметрам)

Предельный размер, мм	Болт		
	d , мм	d_2 , мм	d_1 , мм
Наибольший	$12,000 - 0,032 = 11,968$	$11,026 - 0,032 = 10,994$	$10,376 - 0,032 = 10,344$
Наименьший	$12,000 - 0,268 = 11,732$	$11,026 - 0,172 = 10,854$	не ограничен

7.1.5. Определяем предельные размеры внутренней резьбы (гайки) и результаты представляем в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Предельные размеры гайки (по диаметрам)

Предельный размер, мм	Гайка		
	D , мм	D_2 , мм	D_1 , мм
Наибольший	не ограничен	$11,026 + 0,190 = 11,216$	$10,376 + 0,300 = 10,676$
Наименьший	12,000	11,026	10,676

7.1.6. Строим схему расположения полей допусков резьбового соединения $M12 \times 1,5 - 6H/6g$ в соответствии с рисунком 7.1.

7.1.7. Рассчитываем предельные значения зазоров в резьбовой посадке.

- по D (d):

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 12,000 - 11,968 = 0,032 \text{ мм},$$

S_{\max} не нормируется;

- по D_2 (d_2):

$$S_{2\min} = D_{2\min} - d_{2\max} = 11,026 - 10,994 = 0,032 \text{ мм},$$

$$S_{2\max} = D_{2\max} - d_{2\min} = 11,216 - 10,854 = 0,362 \text{ мм};$$

- по D_1 (d_1):

$$S_{1\min} = D_{1\min} - d_{1\max} = 12,000 - 11,968 = 0,032 \text{ мм},$$

$S_{1\max}$ не нормируется.

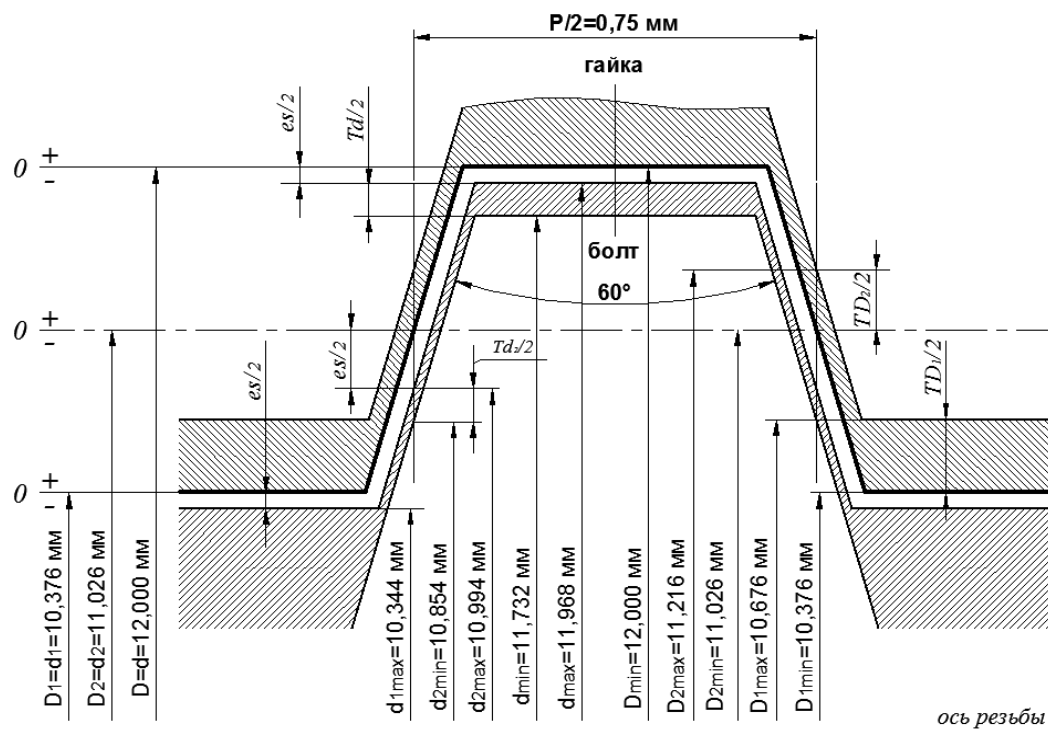


Рисунок 7.1 – Схема расположения полей допусков резьбового соединения $M12 \times 1,5-6H/6g$

7.2. Пример расчёта резьбовой посадки с натягом

7.2.1. Дана резьбовая посадка с натягом $M16 - 2H5C/2r$.

M – резьба метрическая;

16 мм – номинальный диаметр резьбы;

$P = 2$ мм – крупный шаг резьбы (выбирается по ГОСТ 24705 и в обозначении не указывается);

$2H$ – поле допуска внутренней резьбы (гайки) по среднему диаметру;

$5C$ – поле допуска внутренней резьбы (гайки) по внутреннему диаметру;

$2r$ – поле допуска наружной резьбы (болта) по среднему диаметру;

$6c$ – поле допуска наружной резьбы (болта) по наружному диаметру (в обозначении не указывается).

7.2.2. Определяем номинальные значения диаметров внутренней резьбы (гайки) и наружной резьбы (болта) (ГОСТ 24705).

$$d = D = 16,000 \text{ мм};$$

$$d_2 = D_2 = 14,701 \text{ мм};$$

$$d_1 = D_1 = 13,835 \text{ мм};$$

$$d_3 = 13,546 \text{ мм};$$

$$P = 2 \text{ мм}.$$

7.2.3. Определяем предельные отклонения диаметров резьбовых деталей с внутренней резьбой (гайки) и наружной резьбой (болта) (таблица 8 ГОСТ 4608) и результаты представляем в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Предельные отклонения диаметров резьбовых поверхностей

Номинальный диаметр резьбы, мм	Предельные отклонения болта, мкм		Предельные отклонения гайки, мкм	
	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>ES</i>	<i>EI</i>
$D = d = 16,000$	- 150	- 430	не ограничено	0
$D_2 = d_2 = 14,701$	+ 173	+ 110	+ 85	0
$D_1 = d_1 = 13,835$	-	-	+ 450	+150

7.2.4. Определяем предельные размеры внутренней резьбы (гайки) и результаты представляем в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Предельные размеры гайки (по диаметрам)

Предельный размер, мм	Гайка		
	D , мм	D_2 , мм	D_1 , мм
Наибольший	не ограничен	$14,701 + 0,085 =$ $= 14,786$	$13,835 + 0,450 =$ $= 14,285$
Наименьший	16,000	14,701	$3,835 + 0,150 =$ $= 13,985$

7.2.5. Определяем предельные размеры наружной резьбы (болта) и результаты представляем в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Предельные размеры болта (по диаметрам)

Предельный размер, мм	Болт	
	d , мм	d_2 , мм
Наибольший	$16,000 - 0,15 = 15,850$	$14,701 + 0,173 = 14,874$
Наименьший	$16,000 - 0,430 = 15,570$	$14,701 + 0,110 = 14,811$

7.2.6. Строим схему расположения полей допусков резьбового соединения $M16 - 2H5C/2r$ в соответствии с рисунком 7.2.

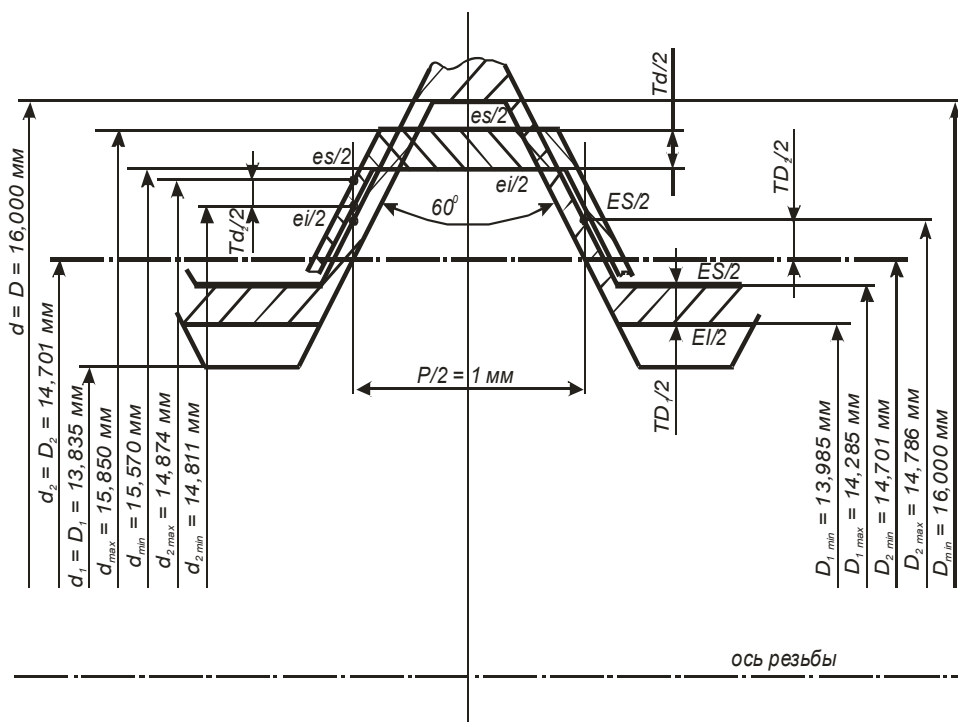


Рисунок 7.1 – Схема расположения полей допусков резьбового соединения $M16 - 2H5C/2r$

7.2.7. Рассчитываем предельные значения натягов в резьбовой посадке (только по среднему диаметру):

$$N_{2 \max} = d_{2 \max} - D_{2 \min} = 14,874 - 14,701 = 0,173 \text{ мм};$$

$$N_{2 \min} = d_{2 \min} - D_{2 \max} = 14,811 - 14,786 = 0,025 \text{ мм}.$$

Варианты заданий для расчета посадок резьбовых соединений приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Варианты заданий для расчета посадок резьбовых соединений

Вариант	Резьбовое соединение	
1	2	3
1	M6×0,75-4H/3h4h	M16×1,5-2H5D/2r
2	M52×3-7H/7e6e	M22×1,5-3H6H/2m
3	M48×2-7G/7g6g	M10-4H6H/4jk
4	M8×0,5-4H5H/4g	M24×2-5H6H/4j
5	M10-5H/4h	M28-4H6H/4j
6	M12×1-6G/5h4h	M42×3-2H5C/2r
7	M14-6H/5g6g	M6-4H6H/4jk
8	M16-7G/5h6h	M32-2H5C/2r
9	M18×1-7H/6g	M40×2-2H5D/2r
10	M20×2-8G/7h6h	M30×3-2H5C/2r
11	M22-8H/9g8g	M12-5H6H/4jk
12	M24×1-5G/3h4h	M8-2H5D(2)/3p(2)
13	M8-8G/7h6h	M36×3-2H5D/2r
14	M36-6H/6e	M14×1,5-3H6H/2m
15	M32-7G/6h	M24-2H5D/2r
16	M12-7H/6d	M42×4-5H6H/4jh
17	M28×1,5-7H/8g	M18×1,5-2H4D(3)/3n(3)
18	M30×1-4H/4h	M40-5H6H/4jh
19	M40-6G/7h6h	M16-2H4C(3)/3n(3)
20	M42-7H/7g6g	M10×1-2H5C/2r
21	M50×2-5G/5h6h	M20×1,5-4H6H/4j
22	M58×3-7H/6e	M14-2H5C(2)/3p(2)
23	M60-6H/7e6e	M12×1,25-5H6H/4jk
24	M8×0,5-5H/5g6g	M42×3-2H5D(2)/3p(2)
25	M24-5H/6f	M36×2-2H4D(3)/3n(3)
26	M64×4-7G/7h6h	M22×1,5-2H5C(2)/3p(2)
27	M18-5G/4h	M30-5H6H/4jh
28	M72×2-8H/8g	M28-2H4C(3)/3n(3)
29	M36×1,5-5H/3h4h	M8×1-2H5D(2)/3p(2)
30	M6-6H/6h	M24×2-3H6H/2m
31	M2-4H5H/4h	M40×2-4H6H/4jh
32	M68-7G/6g	M10×1,25-3H6H/2m
33	M4×0,5-5H/6h	M32-2H4D(3)/3n(3)
34	M40-6G/6h	M6-2H5C/2r
35	M14×1-6H/7e6e	M36×3-5H6H/4j
36	M20-8G/7g6g	M7-2H5D/2r
37	M38-7H/8g	M16-2H5D(2)/3p(2)
38	M26-5G/6h	M8×1-2H4C(3)/3n(3)
39	M56×1,5-6H/6g	M14×1,25-4H6H/4jk
40	M80×3-8G/9g8g	M12-2H5C(2)/3p(2)
41	M10×0,5-4H5H/5h6h	M42×2-5H6H/4j
42	M18×2-6G/5g6g	M33×3-2H4C(3)/3n(3)
43	M22×1-5G/3h4h	M45×3-4H6H/4jh

Продолжение таблицы 7.7

1	2	3
44	M48-7G/6h	M9-2H5D/2r
45	M12×1,5-4H5H/4g	M39×2-3H6H/2m
46	M50-8H/6g	M28-2H5C(2)/3p(2)
47	M16×0,75-4H/4g	M42×3-5H6H/4jh
48	M62×3-6H/7ebe	M20×2-2H5D/2r
49	M42×1,5-7H/6f	M22-2H4D(3)/3n(3)
50	M56×4-8H/9g8g	M25-2H5C(2)/3p(2)
51	M64×2-8G/8h	M24-2H4C(3)/3n(3)
52	M100×3-6H/5h6h	M22×2-4H6H/4jk
53	M70-5G/5h4h	M39×3-2H5D(2)/3p(2)
54	M52×2-8G/7h6h	M18-5H6H/4jk
55	M60×1,5-6H/6d	M10-4H6H/4j
56	M6×0,5-5H/6g	M45×2-3H6H/2m
57	M24×1,5-8H/7g6g	M30×2-2H5C(2)/3p(2)
58	M8×0,75-6G/6h	M42×2-2H5D/2r
59	M68×3-7H/5g6g	M14-2H5C/2r
60	M80×4-5H/6e	M30×2-2H4D(3)/3n(3)
61	M90-8H/8h	M16-4H6H/4jk
62	M2-4H/5h4h	M39×3-4H6H/4jh
63	M100×2-8H/7h6h	M5-5H6H/4jk
64	M26-5H/7g6g	M45×2-2H5D(2)/3p(2)
65	M50×1,5-7H/9g8g	M7-5H6H/4jk
66	M58-8H/6g	M18×2-2H5D/2r
67	M120×4-7G/7ebe	M9-2H5C(2)/3p(2)
68	M76×3-6G/5h6h	M32-4H6H/4j
69	M62×2-6H/5h4h	M25-5H6H/4jh
70	M52-5H/6d	M12×1,5-2H4C(3)/3n(3)
71	M78-8G/6h	M33×2-5H6H/4j
72	M70-8H/6h	M22×1,5-2H5C(2)/3p(2)
73	M72×3-6H/8g	M5-2H5C/2r
74	M4-4H/5h6h	M27×2-4H6H/4jh
75	M85×2-7G/5g6g	M20-5H6H/4j
76	M64-5G/7h6h	M30×2-2H5D(2)/3p(2)
77	M65-6H/7g6g	M16×1,5-5H6H/4jk
78	M95-5H/7h6h	M36×2-3H6H/2m
79	M80-6G/7ebe	M18×1,5-4H6H/4j
80	M60×4-7H/5h6h	M7-2H4D(3)/3n(3)
81	M105-6H/8h	M24×2-2H5C(2)/3p(2)
82	M68-5H/4g	M9×1-4H6H/4jk
83	M130×2-6G/5h6h	M33-4H6H/4jh
84	M76-6H/7h6h	M8×1-3H6H/2m
85	M2-5H/5h6h	M27×2-2H5C/2r
86	M78-6G/7g6g	M45×3-2H4C(3)/3n(3)
87	M125×4-7H/7h6h	M25-5H6H/4j

Окончание таблицы 7.7

1	2	3
88	M140-7G/6e	M39×2-2H4D(3)/3n(3)
89	M75×3-5G/6g	M27-2H5D(2)/3p(2)
90	M62-7G/6d	M12×1,5-3H6H/2m
91	M90-6G/6e	M20×1,5-2H4C(3)/3n(3)
92	M100×4-4H5H/4h	M32-4H6H/4jh
93	M4-5H/5h4h	M36×2-2H5D(2)/3p(2)
94	M85×3-6G/6d	M28-5H6H/4jh
95	M110×1,5-7G/6f	M33×2-2H5C(2)/3p(2)
96	M55-5H/5h6h	M30×2-3H6H/2m
97	M70×2-5G/4g	M28-2H5D/2r
98	M120×3-7H/5g6g	M27-2H4C(3)/3n(3)
99	M3×0,35-4H5H/3h4h	M16-4H6H/4j
100	M64×1,5-5G/6e	M5-2H4D(3)/3n(3)

8. Выбор показателей контрольного комплекса зубчатого колеса и приборов для контроля выбранных показателей

8.1. Исходные данные: дано цилиндрическое зубчатое колесо 9-8-7-С ГОСТ 1643-81 со следующими параметрами:

- модуль $m = 3$ мм,
- число зубьев $z = 40$,
- диаметр делительной окружности $d = 120$ мм.

9 – степень точности по норме кинематической точности;

8 – степень точности по норме плавности работы;

7 – степень точности по норме контакта зубьев;

С – вид сопряжения, которому соответствует вид допуска бокового зазора s и класс точности отклонения межосевого расстояния IV .

8.2. Определяем показатели контрольного комплекса зубчатого колеса (по ГОСТ 1643).

Показатели выбираются в соответствии с таблицей 8.1 из возможных вариантов контрольных комплексов зубчатых колес.

Таблица 8.1 – Комплексы контроля цилиндрических зубчатых колёс

Нормы точности	Номер комплекса контроля зубчатых колёс						
	1	2	3	4	5	6	7
	для степеней точности						
	3–8	3–8	3–8	3–8	9–12	5–12	5–12
Показатели, нормируемые в комплексе							
Кинематической	F_{ir}^2	F_{pr}^2 и F_{pkr}^2	F_{rr}^2 и F_{vWr}^{**}	F_{rr}^2 и F_{cr}^{**}	F_{rr}	F_{ir}^{***} и F_{vWr}^{***}	F_{ir}^{***} и F_{cr}^{***}
Плавности	f_{ir}'' или f_{zkr}	f_{pbr} и f_{fr} или f_{pbr} и f_{ptr}			f_{ptr}	f_{ir}''''	
Контакта	Пятно контакта или F_{br} или F_{kr}						
Боковых зазоров	E_{Hs} и T_H или E_{Wms} и T_{Wm} или E_{Cs} и T_C					$E_a''_s$ и $E_a''_i$	
$^* F_{pkr}$ – только для степеней 3 – 6. $^{**} V_{vWr}$ и F_{cr} – для степеней точности 7 и 8 только для диаметров до 1600 мм. $^{***} V_{vW}$ и F_{cr} – только для степеней 5 – 7.							

Для цилиндрического зубчатого колеса с заданными степенями точности по нормам точности выбираем контрольный комплекс 7.

8.2.1. Показатель по норме кинематической точности F''_{ir} .

F''_{ir} – колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса.

$F''_i = 90$ мкм – допуск на колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса (таблица 6 ГОСТ 1643).

8.2.2. Показатель по норме плавности работы f''''_{ir} .

f''''_{ir} – колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе.

$f''''_i = 28$ мкм – допуск на колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе (таблица 8 ГОСТ 1643).

8.2.3. Показатель по норме контакта зубьев – *суммарное пятно контакта* (таблица 12 ГОСТ 1643).

Относительные размеры суммарного пятна контакта:

- по высоте зубьев – не менее 45 %;

- по длине зубьев – не менее 60 %.

8.2.4. Показатель по норме бокового зазора $E''_{a's}$ и $E''_{a'i}$.

$E''_{a's}$ и $E''_{a'i}$ – предельные отклонения измерительного межосевого расстояния (раздел 3 ГОСТ 1643).

$E''_{a's} = + f''''_i = + 28$ мкм – верхнее предельное отклонение измерительного межосевого расстояния (таблица 22 ГОСТ 1643);

$E''_{a'i} = - T_H = - 180$ мкм – нижнее предельное отклонение измерительного межосевого расстояния (таблицы 22, 15 ГОСТ 1643).

Примечание – В таблице 15 ГОСТ 1643 допуск на смещение исходного контура T_H выбирается в зависимости от допуска на радиально биение $F_r = 71$ мкм (таблица 6 ГОСТ 1643).

8.3. Выбираем приборы для контроля показателей цилиндрического зубчатого колеса по нормам точности.

8.3.1. Схема прибора для контроля показателей кинематической точности (F''_{ir}), плавности работы (f''_{ir}) и бокового зазора (E''_{a_s} и E''_{a_i}) приведена на рисунке 8.1.

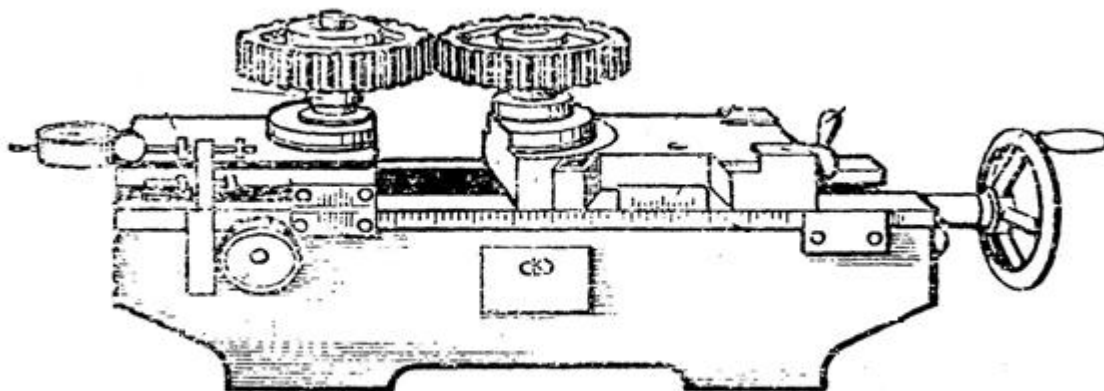
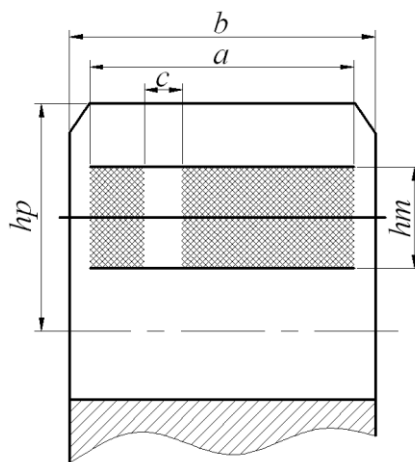


Рисунок 8.1 – Схема прибора для контроля колебаний измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса и на одном зубе и предельных отклонений измерительного межосевого расстояния

8.3.2. Схема контроля показателя контакта зубьев приведена на рисунке 8.2.



a – расстояние между крайними точками прилегания; b – длина зуба;
 c – ширина разрыва пятна; hm – средняя высота следов прилегания;
 hp – высота активной боковой поверхности зуба

Рисунок 8.1 – Схема контроля суммарного пятна контакта

Варианты заданий для расчета контрольных комплексов зубчатых колес приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Варианты заданий для расчета контрольных комплексов зубчатых колес

Вариант	m , мм	Число зубьев, Z	Степени точности (ГОСТ 1643)	Вариант	m , мм	Число зубьев, Z	Степени точности (ГОСТ 1643)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	21	6- <i>H</i>	36	2	45	9- <i>B</i>
2	3	44	7-6-6- <i>D</i>	37	3	30	8-7-7- <i>B</i>
3	2,5	34	5-6-6- <i>H</i>	38	3	22	9-8-7- <i>B</i>
4	1,5	32	7-7-8- <i>A</i>	39	2,5	25	6- <i>H</i>
5	4,5	30	7-8-8- <i>B</i>	40	2	26	9- <i>C</i>
6	4	40	10-9-9- <i>A</i>	41	4	18	8- <i>B</i>
7	3,5	22	7-7-6- <i>H</i>	42	2	24	12-11-11- <i>D</i>
8	2	38	8-7-6- <i>E</i>	43	2	44	9-8-8- <i>B</i>
9	2,25	36	8-7-6- <i>B</i>	44	4	30	12- <i>B</i>
10	3	26	9-7-7- <i>B</i>	45	4	18	9- <i>C</i>
11	2,5	30	7- <i>C</i>	46	3	30	12- <i>B</i>
12	1,75	43	9-7-7- <i>B</i>	47	3	28	9-8-8- <i>B</i>
13	5	28	9-7-7- <i>C</i>	48	2	44	9- <i>C</i>
14	2,5	25	8- <i>D</i>	49	2	25	6- <i>H</i>
15	4	18	9- <i>C</i>	50	4	30	8- <i>D</i>
16	4	25	9- <i>C</i>	51	3	34	12- <i>A</i>
17	1	18	8-7-7- <i>B</i>	52	3	32	9-8-8- <i>B</i>
18	1	42	6- <i>H</i>	53	3	26	8-7-7- <i>B</i>
19	4,5	30	8-7-6- <i>D</i>	54	3	48	8-7-7- <i>B</i>
20	3	22	7-6-6- <i>H</i>	55	4	38	7-6-6- <i>H</i>
21	2	24	7-7-6- <i>C</i>	56	4	20	5- <i>B</i>
22	2	26	7-7-6- <i>H</i>	57	5	36	7-7-6- <i>C</i>
23	4	28	8-7-6- <i>E</i>	58	2	54	7- <i>B</i>
24	2	36	9-8-7- <i>B</i>	59	4	26	9-8-8- <i>B</i>
25	3	25	10-9-9- <i>A</i>	60	4	18	10-9-9- <i>A</i>
26	1	34	9-8-8- <i>B</i>	61	2,5	42	8-7-6- <i>D</i>
27	5	20	8- <i>B</i>	62	1	45	8- <i>B</i>
28	3	26	12-11-11- <i>D</i>	63	3	30	9- <i>B</i>
29	2	48	8- <i>D</i>	64	4	28	7-7-6- <i>H</i>
30	5	20	6- <i>H</i>	65	5	20	8-7-6- <i>E</i>
31	2	38	9-8-8- <i>B</i>	66	1	30	10- <i>D</i>
32	1	54	5- <i>B</i>	67	2	40	12- <i>C</i>
33	3	32	12- <i>A</i>	68	3	45	10- <i>A</i>
34	3	28	7- <i>B</i>	69	4	50	9- <i>B</i>
35	4	26	8- <i>B</i>	70	5	60	8- <i>C</i>

Окончание таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8
71	3	65	7-D	86	1	43	8-D
72	3	70	7-E	87	1	44	6-A
73	3	40	7-H	88	1	45	7-B
74	3	35	7-H	89	1	46	8-C
75	3	30	8-H	90	1	50	9-D
76	5	25	9-C	91	2	52	10-E
77	5	30	8-C	92	2	55	11-B
78	5	30	7-D	93	3	60	12-H
79	5	40	9-D	94	3	29	7-C
80	5	42	8-B	95	1	55	8-A
81	2	45	7-C	96	2	60	9-A
82	2	55	7-H	97	3	29	7-D
83	2	65	9-D	98	2,5	30	10-A
84	2	40	9-D	99	4	36	7-C
85	2	42	8-E	100	2	40	9-A

Материалы для проведения лабораторных занятий

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1.1 Измерение размеров гладких наружных цилиндрических поверхностей

Лабораторная работа № 1.2. Измерение размеров гладких внутренних цилиндрических поверхностей

Лабораторная работа № 1.3. Измерение линейных размеров деталей на контрольно-измерительной машине

Лабораторная работа № 2.1. Контроль прямолинейности плоской поверхности

Лабораторная работа № 2.2. Контроль круглости и отклонения профиля продольного сечения

Лабораторная работа № 2.3. Контроль параллельности поверхностей

Лабораторная работа № 2.4. Контроль радиального и торцевого биения

Лабораторная работа № 3.1. Контроль внутреннего конуса детали с помощью с помощью шариков

Лабораторная работа № 4.1. Измерение параметров шероховатости поверхности

Лабораторная работа № 5.1. Контроль наружной резьбы детали с помощью микроскопа

Лабораторная работа № 6.1. Контроль кинематической точности зубчатых колес

Лабораторная работа № 6.2. Контроль параметров плавности работы зубчатых колес.

Лабораторная работа № 1.1

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Основные термины и определения

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.п.) в выбранных единицах измерения.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются отклонения (D_{nom} , d_{nom}).

Номинальный размер определяется конструктором в результате расчетов на прочность, жесткость, при определении габаритов и т.д. или с учётом конструктивных и технологических соображений.

Действительным размером – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Следует отметить, что действительный размер находят в случаях, когда требуется определить соответствие размеров элементов детали установленным требованиям. Когда же такие требования не установлены, и измерения проводят не с целью приёмки продукции, то возможно использование термина **измеренный размер**, т.е. размер, полученный в результате измерений. В любом случае погрешность измерений выбирается в зависимости от поставленной цели измерения.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или быть им равным) действительный размер. Как видно из определения, размер годного элемента детали задают двумя предельными значениями, при которых он должен правильно выполнять свои функции. Эти размеры называют **наибольшим предельным размером** (наибольший допустимый размер элемента детали D_{max} , d_{max}) и **наименьшим предельным размером** (наименьший допустимый размер элемента детали D_{min} , d_{min}).

Таким образом, *устанавливать (нормировать) точность размера – это значит указать два его допускаемых предельных значения.*

Отклонение – алгебраическая разность между соответствующим (предельным или действительным) размером и номинальным размером. Поскольку размер может быть как больше, так и меньше номинального, при нормировании требований к его точности используют термины «верхнее» и «нижнее» отклонения.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером.

Отклонение всегда имеет знак (+) или (-).

Верхнее отклонение принято обозначать латинскими буквами ES для отверстий и es для валов.

Нижнее отклонение обозначают буквами $E/$ для отверстия и $e/$ для валов.

Обозначения предельных отклонений на рабочих чертежах деталей или на чертежах общего вида должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.109, ГОСТ 2.307 и ГОСТ 30893.1.

При обозначении предельных отклонений размеров необходимо выполнять основные правила:

– линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения;

– на рабочих чертежах предельные отклонения приводят для всех размеров, кроме справочных; размеров, определяющих зоны шероховатости, термообработки, покрытия, и для размеров деталей задаваемых с припуском, для которых допускается не указывать предельные отклонения;

– на сборочных чертежах предельные отклонения указывают для параметров, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному сборочному чертежу, а также для размеров деталей, изображенных на сборочном чертеже, на которые рабочие чертежи не выпускаются;

– допуски на размеры элементов деталей, которые не указаны индивидуально, нормируются в соответствии с ГОСТ 30893.1. По этому стандарту допуски должны браться по 12-ому и более грубым квалитетам по ГОСТ 25346. В ГОСТ 30893.1 предусмотрена возможность использования не только квалитетов, но и классов точности, которые имеют следующие названия: точный (t_1), средний (t_2), грубый (t_3) и очень грубый (t_4).

Примеры указания требований к точности:

1) буквенно-цифровое представление:

$$\varnothing 15H7,$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер отверстия, мм;

H – основное отклонение отверстия;

7 – квалитет (не имеет размерности);

$H7$ – поле допуска;

2) представление с предельными отклонениями:

$$\varnothing 15^{+0,018},$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер, мм;

$+0,018$ – значение верхнего отклонения, мм;

(значение нижнего отклонения равно 0, не указывается);

3) комбинированное представление:

$$\varnothing 15j_s 7(\pm 0,009),$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер, мм;

$j_s 7$ – поле допуска;

$+0,009$ – значение верхнего отклонения, мм;

$-0,009$ – значение нижнего отклонения, мм;

Допуск (T, IT, IT_D, IT_d) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

$$IT_D(T, IT) = D_{max} - D_{min} = ES - EI;$$

$$IT_d(T, IT) = d_{max} - d_{min} = es - ei.$$

Допуск – это положительная величина.

Чем меньше величина допуска, тем точнее должен быть изготовлен нормируемый элемент детали и тем труднее и дороже его изготовление. Чем больше величина допуска, тем грубее требования к элементу детали и тем проще и дешевле его изготовление.

Во всех случаях, где это возможно, следует использовать более грубые допуски, так как это экономически выгодно для производства, но только в тех пределах, чтобы это не сказывалось на качестве выпускаемой продукции. Поэтому *выбор величины допуска должен быть обоснован.*

Графически допуск можно представить в виде поля допуска в соответствии с рисунком 1.1.1.

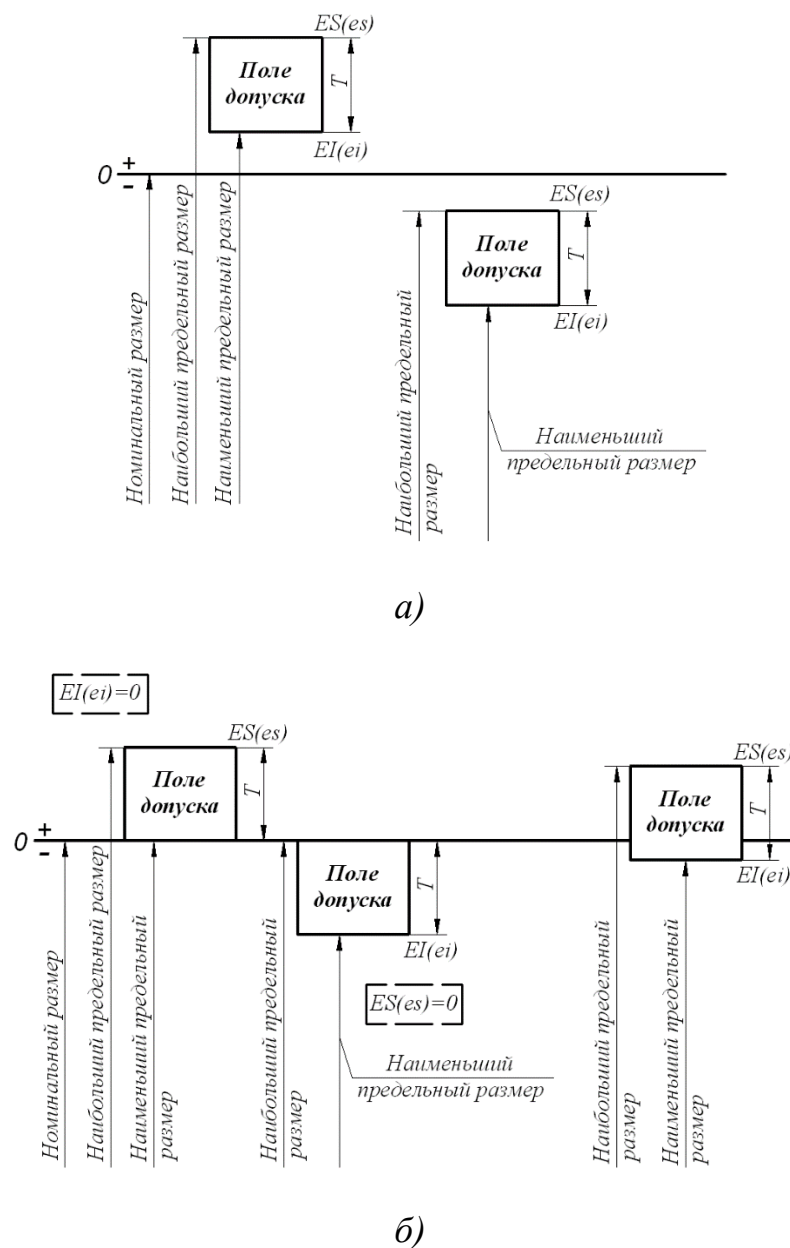


Рисунок 1.1.1 – Графическое изображение полей допусков

На рисунке представлены отклонения и границы, которые соответствуют предельным нормируемым размерам элемента детали. Между верхним и нижним отклонениями расположено поле допуска.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой указывают отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Обычно нулевая линия располагается горизонтально и положительные отклонения от номинального размера откладывают вверх от нулевой линии, а отрицательные – вниз.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами, определяющими допуск и его положение относительно номинального размера.

При нормировании точности выделяют одно отклонение из двух, которым характеризуется положение поля допуска относительно номинального размера. Это отклонение получило название **основное отклонение**.

Основное отклонение – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. В системах нормирования точности размеров основным отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Конструктивно любая деталь состоит из элементов (поверхностей) различной геометрической формы, часть из которых сопрягается (образует посадки-сопряжения) с поверхностями других деталей, образуя посадки, а остальная часть элементов является свободной (несопрягаемой). Размеры всех элементов деталей независимо от их формы условно делят на три группы: *размеры валов, размеры отверстий и размеры, не относящиеся к валам и отверстиям*.

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров.

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров.

Согласно ЕСДП (Единая система допусков и посадок) выделяют две равноправные системы допусков и посадок: системы отверстия и системы вала.

Система отверстия – система допусков и посадок, при которой предельные размеры отверстия для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала.

Система вала – система допусков и посадок, при которой предельные размеры вала для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Для предельных размеров, ограниченных верхним и нижним отклонениями, применяется понятие пределов максимума и минимума материала.

Предел максимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наибольший объем (масса) материала, т.е. наибольший предельный допускаемый размер вала и наименьший предельный размер отверстия.

По-другому этот предел можно представить как границу значения годного размера элемента детали, которая будет достигнута первой в процессе обработки со снятием материала.

Предел минимума материала – термин, относящийся к тому из предельных допускаемых размеров, которому соответствует наименьший объем (масса) материала, т.е. наименьший допустимый размер вала и наибольший допустимый размер отверстия.

Другими словами, это предел, который определяет границу неисправимого брака.

Цели и задачи работы

Цель работы: выбор методики выполнения измерений размеров гладких наружных цилиндрических поверхностей и приобретение первичных навыков работы со средствами измерений.

Задачи:

1. Проанализировать требования к точности контролируемой детали, выбрать методики выполнения измерений и средства приемочного контроля по заданным параметрам.
2. Измерить заданные параметры и зафиксировать результаты с учётом погрешности измерения.
3. Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.

Материальное обеспечение работы

Объект контроля: вал.

Эскиз детали представлен на рисунке 1.1.2.

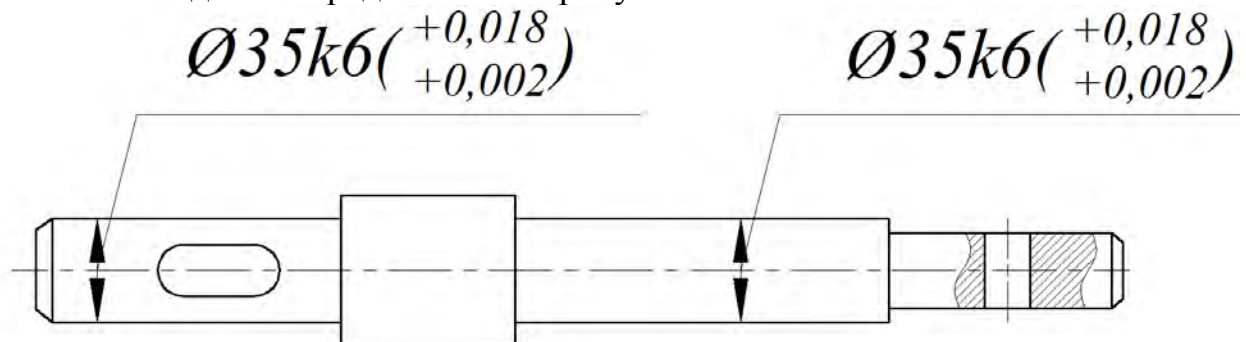


Рисунок 1.1.2 – Эскиз объекта контроля

Измеряемая величина: размер гладкой наружной цилиндрической поверхности.

Средства измерений:

- *накладные средства измерения:* микрометр гладкий, штангенциркуль, микрометр рычажный, скоба индикаторная, скоба рычажная;
- *станковые средства измерения:* стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой головкой, стойка с микрокатером, оптикатером и др.

Вспомогательные меры и устройства:

- набор плоскопараллельных концевых мер длины;
- линейка лекальная;
- плита поверочная.

Метод измерения

Измерение наружного диаметра вала осуществляется **методом непосредственной оценки**. Схема контроля представлена на рисунке 1.1.3.

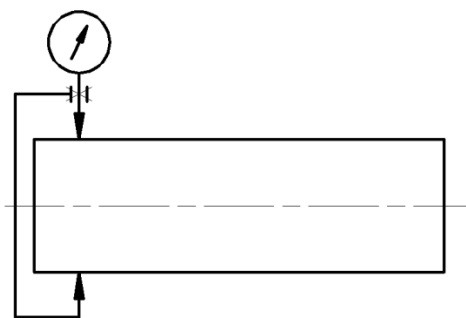


Рисунок 1.1.3 – Схема контроля
Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.
2. Выбрать предварительную методику выполнения измерений (далее МВИ) размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных сечений и др.).

Пример выбора средств измерения приведен в Приложении А.

3. Произвести настройку средства измерения (Приложение Б).
4. Произвести измерения размеров каждой контролируемой поверхности согласно схеме (в трех сечениях 1-1, 2-2, 3-3 и в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях А-А и Б-Б (Рисунок 1.1.4)).

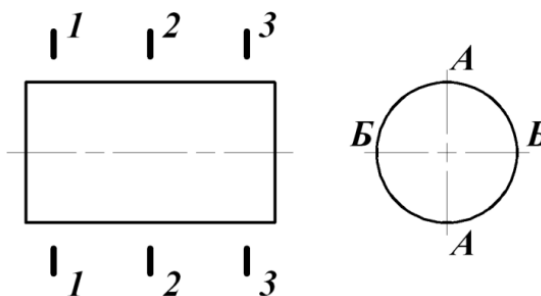


Рисунок 1.1.4 – Схема измерений

5. Результаты измерений представить в табличной форме (см. таблица 1.1.1).

Таблица 1.1.1 – Результаты выполнения измерений

Схема поля допуска	Направление измерений	Размеры в сечении, мм		
		1-1	2-2	3-3
	А-А			
	Б-Б			
Заключение о годности детали:				

В таблице или в примечаниях к ней указывают погрешность измерения по типу: $\Delta = (X_{cp} + 0,01) \text{ мм}, P = 0,95$.

6. Выполнить анализ результатов измерений. Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.
7. Оформить отчет о лабораторной работе.

Приложение А

Выбор средства измерения для контроля заданного параметра согласно РД 50-98

Выбрать конкретное измерительное средство согласно РД 50-98 можно по таблице I и II в зависимости от измеряемого размера, допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051. Однако по табл. I и II трудно выявить весь комплекс измерительных средств, которые можно использовать для измерения с допускаемой погрешностью.

Для упрощения процесса выбора конкретных средств измерения составлены таблицы:

- наружных размеров – таблица V и VI .
- для внутренних размеров – таблица VII.

Выбор средств измерений осуществляется в зависимости от номинального размера и качества: определяется величина допускаемой погрешности измерения $[\Delta]$ (числитель дроби), величина допуска (знаменатель дроби) и предлагаемые средства измерения. Пример приведен в соответствии с рисунком А.1.

12/46
4а*, б, 5б, 6а

Рисунок А.1 – Ячейка таблиц VI «Измерение наружных размеров накладными средствами измерения» согласно РД 50-98

Пример

Необходимо выбрать накладное универсальное средство измерений (далее СИ) для контроля размера вала $\varnothing 71h8$. По таблице VI (стр. 52) допуск размера 71 мм 8-го качества $T=46$ мкм, допускаемая погрешность измерения $[\Delta] = 12$ мкм и рекомендуемые СИ: «4а*», «4б», «5б» и «6а». Согласно РД 50-98 по таблице I (стр. 5) рекомендуемыми СИ являются:

4а* – микрометры гладкие (МК) с ценой деления 0,01 мм при настройке на ноль по установочной мере;

вариант использования:

а* – микрометры при работе находятся в руках;

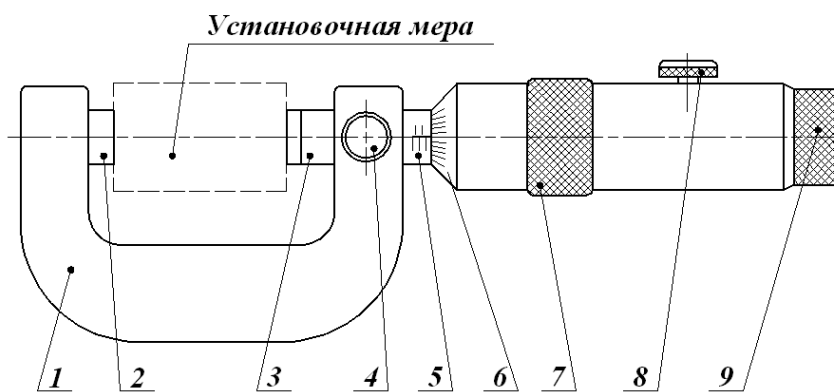
предельная погрешность измерения $\Delta = 10$ мкм.

$$\Delta < [\Delta]$$

Приложение Б

Эксплуатация микрометра гладкого

Б.1 Установка микрометра на «0»



- | | |
|---------------------------|-------------------|
| 1 - Скоба | 5, 6 - Шкалы |
| 2 - Неподвижная пятка | 7 - Барабан |
| 3 - Микрометрический винт | 8 - Зажимной винт |
| 4 - Стопорный винт | 9 - Трещотка |

Рисунок Б.1 – Схема микрометра гладкого

Перед выполнением измерений микрометром гладким (Рисунок Б.1), необходимо произвести **установку микрометра на «0»**. Для этого измерительные поверхности микрометра вводятся в соприкосновение с измерительными поверхностями установочной меры. Если пределы измерения от 0 до 25 мм, то установочная мера не используется, а поверхности измерительных наконечников сводятся непосредственно между собой. При правильной настройке прибора нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля (Рисунок Б.2 а). Если установка неправильная (Рисунок Б.2 б), следует изменить положение барабана 7 относительно микрометрического винта 3. Для этого необходимо:

1 ввести в соприкосновение измерительные поверхности микрометрического винта 3, неподвижной пятки 2 с установочной мерой, вращая **только** за трещотку 9;

2 закрепить корпус микрометрический винт 3 стопорным винтом 4;

3 придерживая левой рукой корпус барабана 7, открыть зажимной винт 8 (т. о. обеспечивается свободное вращение барабана 7 относительно измерительного стебля);

4 совместить нулевой штрих барабана 7 с продольным штрихом шкалы на стебле 5;

5 придерживая корпус барабана, закрепить винт 8;

6 освободить стопорный винт 4 и, используя трещотку 9, освободить установочную меру;

7 произвести проверку нулевого положения путем разведения и повторного сведения измерительных поверхностей микрометра. При необходимости повторить настройку.

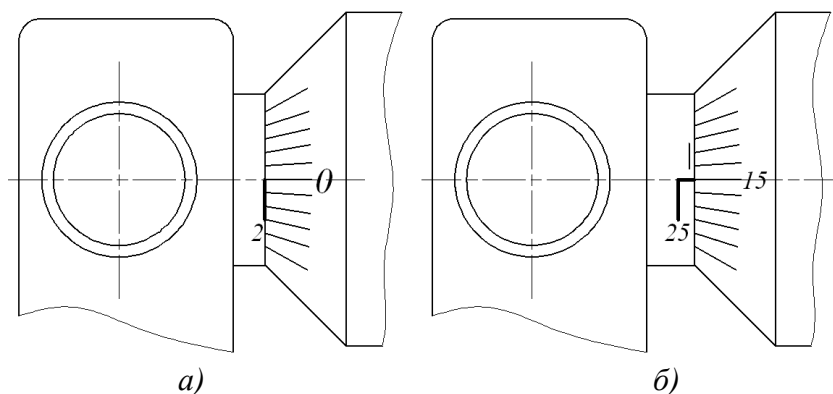


Рисунок Б.2 – Установка микрометра на «0»

Б.2 Правило снятия отсчёта

Отсчётное устройство микрометра состоит из двух шкал (Рисунок Б.1). Продольная шкала имеет два ряда штрихов с ценой деления 1 мм, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и смещённых относительно друг друга на 0,5 мм. Таким образом, оба ряда штрихов образуют одну продольную шкалу с ценой деления 0,5 мм (Рисунок Б.3).

Микровинт связан с барабаном, который на конусном конце имеет круговую шкалу с числом делений $n = 50$. Учитывая, что шаг резьбы винтовой пары $S = 0,5$ мм, цена деления круговой шкалы (нониуса) микрометра C равна:

$$C = \frac{S}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм}.$$

Размер измеряемой величины определяется в соответствии с рисунком Б.3.

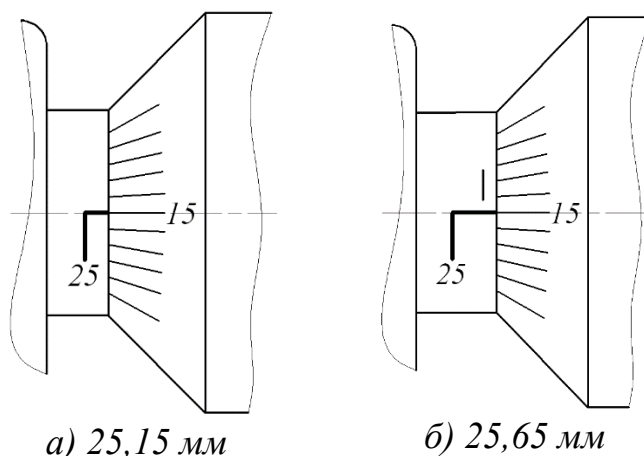


Рисунок Б.3 – Примеры снятия отсчёта

Лабораторная работа № 1.2

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Основные термины и определения

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.п.) в выбранных единицах измерения.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются отклонения (D_{nom}, d_{nom}).

Номинальный размер определяется конструктором в результате расчетов на прочность, жесткость, при определении габаритов и т.д. или с учетом конструктивных и технологических соображений.

Действительным размером – размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью. Следует отметить, что действительный размер находят в случаях, когда требуется определить соответствие размеров элементов детали установленным требованиям. Когда же такие требования не установлены, и измерения проводят не с целью приёмки продукции, то возможно использование термина **измеренный размер**, т.е. размер, полученный в результате измерений. В любом случае погрешность измерений выбирается в зависимости от поставленной цели измерения.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или быть им равным) действительный размер. Как видно из определения, размер годного элемента детали задают двумя предельными значениями, при которых он должен правильно выполнять свои функции. Эти размеры называют **наибольшим предельным размером** (наибольший допустимый размер элемента детали D_{max}, d_{max}) и **наименьшим предельным размером** (наименьший допустимый размер элемента детали D_{min}, d_{min}).

Таким образом, устанавливать (нормировать) точность размера – это значит указать два его допускаемых предельных значения.

Отклонение – алгебраическая разность между соответствующим (предельным или действительным) размером и номинальным размером. Поскольку размер может быть как больше, так и меньше номинального, при нормировании требований к его точности используют термины «верхнее» и «нижнее» отклонения.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером.

Отклонение всегда имеет знак (+) или (-).

Верхнее отклонение принято обозначать латинскими буквами ES для отверстий и es для валов.

Нижнее отклонение обозначают буквами EI для отверстий и ei для валов.

Обозначения предельных отклонений на рабочих чертежах деталей или на чертежах общего вида должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.109, ГОСТ 2.307 и ГОСТ 30893.1.

При обозначении предельных отклонений размеров необходимо выполнять основные правила:

– линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения;

– на рабочих чертежах предельные отклонения приводят для всех размеров, кроме справочных; размеров, определяющих зоны шероховатости, термообработки, покрытия, и для размеров деталей задаваемых с припуском, для которых допускается не указывать предельные отклонения;

– на сборочных чертежах предельные отклонения указывают для параметров, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному сборочному чертежу, а также для размеров деталей, изображенных на сборочном чертеже, на которые рабочие чертежи не выпускаются;

– допуски на размеры элементов деталей, которые не указаны индивидуально, нормируются в соответствии с ГОСТ 30893.1. По этому стандарту допуски должны браться по 12-ому и более грубым квалитетам по ГОСТ 25346. В ГОСТ 30893.1 предусмотрена возможность использования не только квалитетов, но и классов точности, которые имеют следующие названия: точный (t_1), средний (t_2), грубый (t_3) и очень грубый (t_4).

Примеры указания требований к точности:

1) буквенно-цифровое представление:

$$\varnothing 15H7,$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер отверстия, мм;

H – основное отклонение отверстия;

7 – квалитет (не имеет размерности);

$H7$ – поле допуска;

2) представление с предельными отклонениями:

$$\varnothing 15^{+0,018},$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер, мм;

$+0,018$ – значение верхнего отклонения, мм;

(значение нижнего отклонения равно 0, не указывается);

3) комбинированное представление:

$$\varnothing 15j_s7(\pm 0,009),$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер, мм;

j_s7 – поле допуска;

$+0,009$ – значение верхнего отклонения, мм;

$-0,009$ – значение нижнего отклонения, мм;

Допуск (T, IT, IT_D, IT_d) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

$$IT_D(T, IT) = D_{max} - D_{min} = ES - EI;$$

$$IT_d(T, IT) = d_{max} - d_{min} = es - ei.$$

Допуск – это положительная величина.

Чем меньше величина допуска, тем точнее должен быть изготовлен нормируемый элемент детали и тем труднее и дороже его изготовление. Чем больше величина допуска, тем грубее требования к элементу детали и тем проще и дешевле его изготовление.

Во всех случаях, где это возможно, следует использовать более грубые допуски, так как это экономически выгодно для производства, но только в тех пределах, чтобы это не сказывалось на качестве выпускаемой продукции. Поэтому *выбор величины допуска должен быть обоснован.*

Графически допуск можно представить в виде поля допуска в соответствии с рисунком 1.2.1.

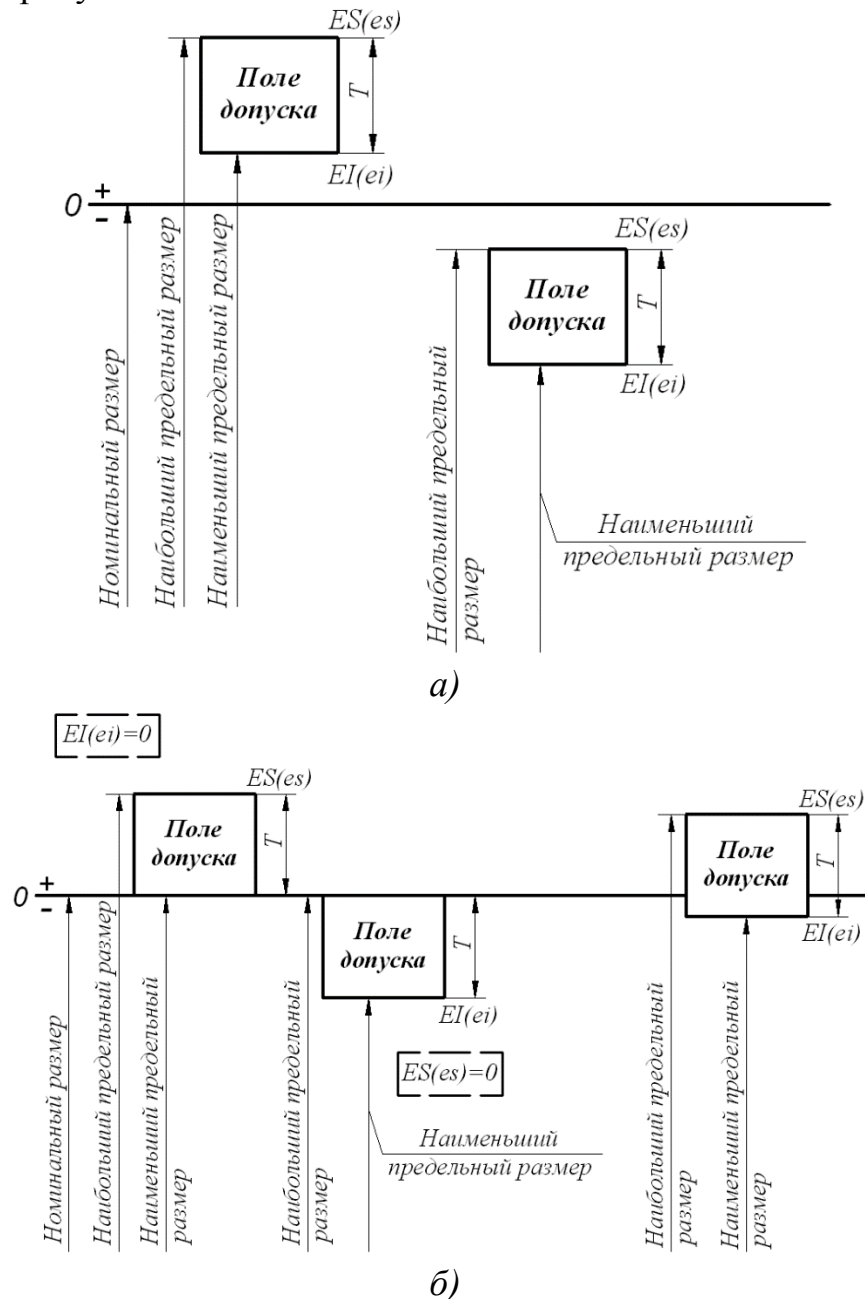


Рисунок 1.2.1 – Графическое изображение полей допусков

На рисунке представлены отклонения и границы, которые соответствуют предельным нормируемым размерам элемента детали. Между верхним и нижним отклонениями расположено поле допуска.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой указывают отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Обычно нулевая линия располагается горизонтально и положительные отклонения от номинального размера откладывают вверх от нулевой линии, а отрицательные – вниз.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами, определяющими допуск и его положение относительно номинального размера.

При нормировании точности выделяют одно отклонение из двух, которым характеризуется положение поля допуска относительно номинального размера. Это отклонение получило название **основное отклонение**.

Основное отклонение – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. В системах нормирования точности размеров основным отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Конструктивно любая деталь состоит из элементов (поверхностей) различной геометрической формы, часть из которых сопрягается (образует посадки-сопряжения) с поверхностями других деталей, образуя посадки, а остальная часть элементов является свободной (несопрягаемой). Размеры всех элементов деталей независимо от их формы условно делят на три группы: *размеры валов, размеры отверстий и размеры, не относящиеся к валам и отверстиям.*

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров.

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров.

Согласно ЕСДП (Единая система допусков и посадок) выделяют две равноправные системы допусков и посадок: системы отверстия и системы вала.

Система отверстия – система допусков и посадок, при которой предельные размеры отверстия для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала.

Система вала – система допусков и посадок, при которой предельные размеры вала для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Для предельных размеров, ограниченных верхним и нижним отклонениями, применяется понятие пределов максимума и минимума материала.

Предел максимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наибольший объем (масса) материала, т.е. наибольший предельный допускаемый размер вала и наименьший предельный размер отверстия.

По-другому этот предел можно представить как границу значения годного размера элемента детали, которая будет достигнута первой в процессе обработки со снятием материала.

Предел минимума материала – термин, относящийся к тому из предельных допускаемых размеров, которому соответствует наименьший объем (масса) материала, т.е. наименьший допустимый размер вала и наибольший допустимый размер отверстия.

Другими словами, это предел, который определяет границу неисправимого брака.

Цели и задачи работы

Цель работы: выбор методики выполнения измерений размеров гладких внутренних цилиндрических поверхностей и приобретение первичных навыков работы со средствами измерений.

Задачи:

4. Проанализировать требования к точности контролируемой детали, выбрать методики выполнения измерений и средства приемочного контроля по заданным параметрам.
5. Измерить заданные параметры и зафиксировать результаты с учётом погрешности измерения.
6. Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.

Материальное обеспечение работы

Объект контроля: зубчатое колесо.

Эскиз детали представлен на рисунке 1.2.2.

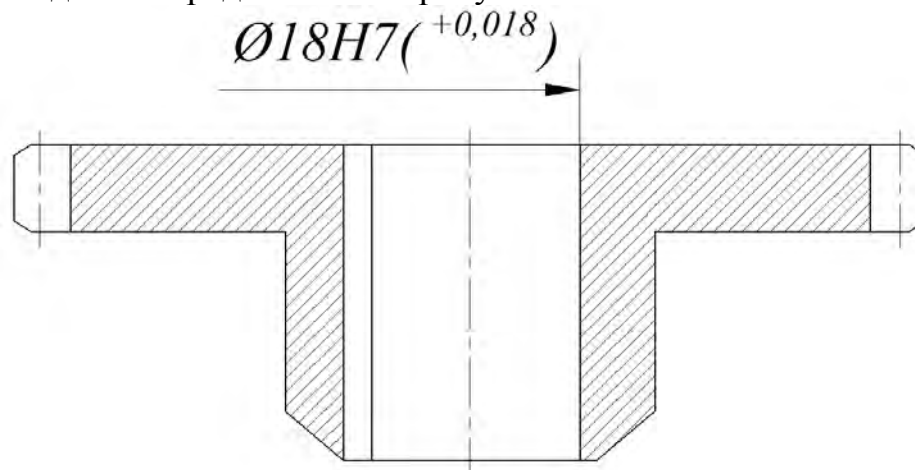


Рисунок 1.2.2 – Эскиз объекта контроля

Измеряемая величина: размер гладкой внутренней цилиндрической поверхности.

Средства измерений:

- *накладные средства измерения:* нутромер микрометрический, нутромер индикаторный, штангенциркуль;
- *станковые средства измерения:* оптиметр горизонтальный, длинномер горизонтальный, стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой головкой, стойка с микрокатером и др.

Вспомогательные меры и устройства:

- набор плоскопараллельных концевых мер длины;
- линейка лекальная;
- плита поверочная.

Метод измерения

Измерение диаметра отверстия осуществляется *методом сравнения с мерой*. Схема контроля представлена на рисунке 1.2.3.

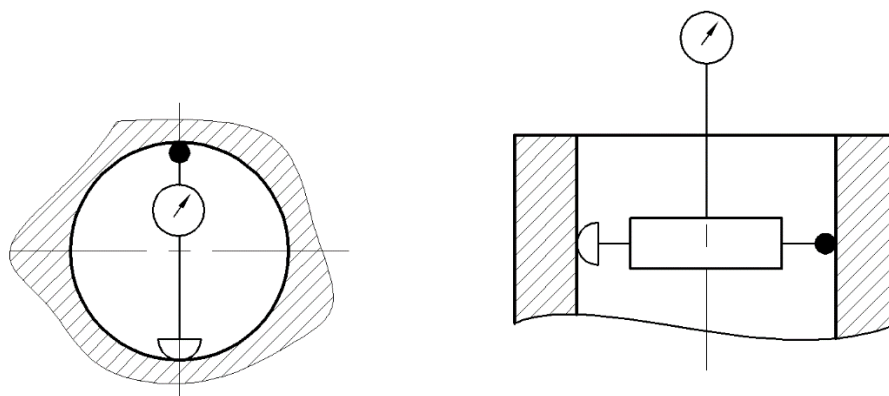


Рисунок 1.2.3 – Схема контроля
Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.
2. Выбрать предварительную методику выполнения измерений (далее МВИ) размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных сечений и др.).
Пример выбора средств измерения приведён в Приложении А.
3. Произвести настройку средства измерения (Приложение Б).
4. Произвести измерения размеров каждой контролируемой поверхности согласно схеме (в трех сечениях 1-1, 2-2, 3-3 и в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях А-А и Б-Б (Рисунок 1.2.4)).

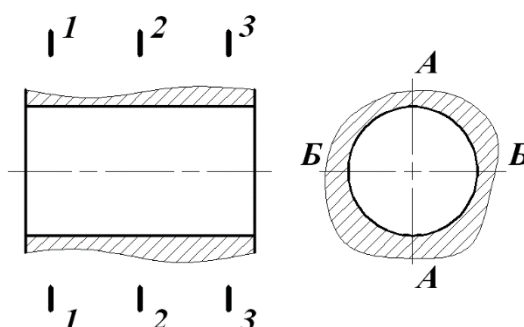


Рисунок 1.2.4 – Схема измерений

5. Результаты измерений представить в табличной форме (см. Таблица 1.2.1).

Таблица 1.2.1 – Результаты выполнения измерений

Схема поля допуска	Направление измерений	Размеры в сечении, мм		
		1-1	2-2	3-3
	А-А			
	Б-Б			
Заключение о годности детали:				

6. Выполнить анализ результатов измерений. Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.
7. Оформить отчет о лабораторной работе.

Приложение А

Выбор средства измерения для контроля заданного параметра согласно РД 50-98

Выбрать конкретное измерительное средство согласно РД 50-98 можно по таблице I и II в зависимости от измеряемого размера, допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051. Однако по табл. I и II трудно выявить весь комплекс измерительных средств, которые можно использовать для измерения с допускаемой погрешностью.

Для упрощения процесса выбора конкретных средств измерения составлены таблицы:

- наружных размеров – таблица V и VI .
- для внутренних размеров – таблица VII.

Выбор средств измерений осуществляется в зависимости от номинального размера и качества: определяется величина допускаемой погрешности измерения $[\Delta]$ (числитель дроби), величина допуска (знаменатель дроби) и предлагаемые средства измерения. Пример приведен в соответствии с рисунком А.1.

9/30
6a, 9a, 12

Рисунок А.1 – Ячейка таблиц VII «Измерение внутренних размеров»
согласно РД 50-98

Пример

Необходимо выбрать универсальное средство измерения (далее СИ) для контроля размера отверстия $\varnothing 71N7$. Согласно РД 50-98-86 по таблице VII (стр. 52) допуск размера 71 мм 7-го качества $T=30$ мкм, допускаемая погрешность измерения $[\Delta] = 9$ мкм и рекомендуемые СИ: «6a», «9a» и «12». Согласно РД 50-98-86 по таблице II (стр. 30) рекомендуемыми СИ являются:

6a – нутромеры индикаторные (НИ) при замене отсчётного устройства измерительной головкой (ИГ) с ценой деления 0,001 мм или 0,002 мм;

вариант использования: **a**;

условия измерения:

– используемое перемещение измерительного стержня: 0,1 мм;

– средства установки: концевые меры длины 1 класса точности или установочные кольца (до 160 мм);

– шероховатость поверхности отверстия Ra 1,25 мкм;

предельная погрешность измерения: $\Delta = 6,5$ мкм.

$$\Delta < [\Delta]$$

Приложение Б

Эксплуатация нутромера индикаторного

Б.1 Настройка нутромера индикаторного на номинальный размер

Перед выполнением измерений с помощью нутромера индикаторного (Рисунок Б.1), необходимо произвести его **настройку**.

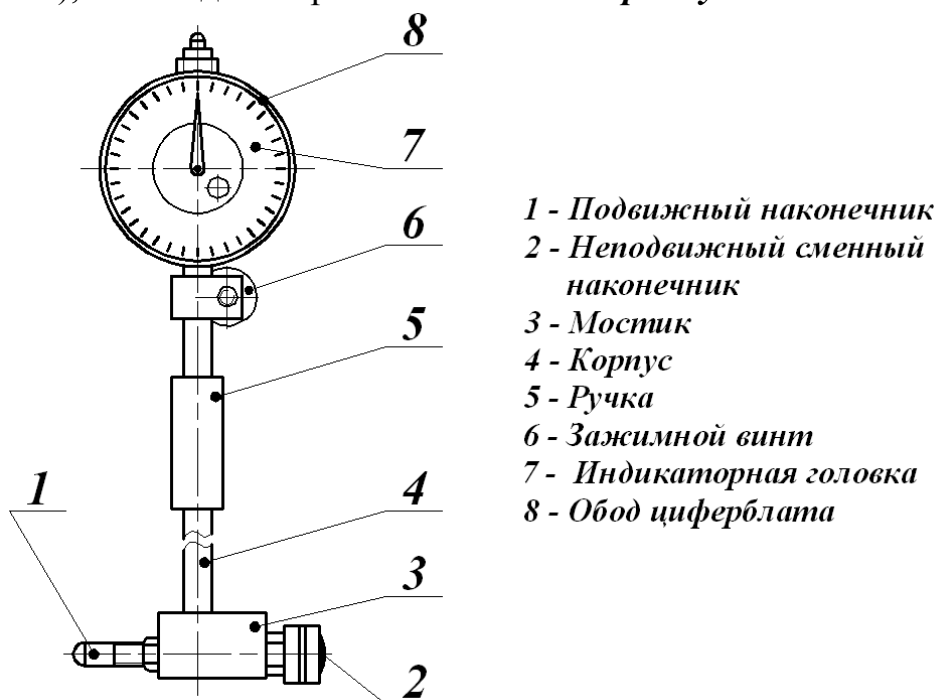


Рисунок Б.1 – Нутромер индикаторный

Настройку нутромера индикаторного можно осуществлять:

- по блоку концевых мер с боковиками (Рисунок Б.2 а);
- по микрометру (Рисунок Б.2 б);
- по образцовому аттестованному кольцу (Рисунок Б.2 в).

Настройка нутромера индикаторного по блоку концевых мер включает:

1 подбор блока концевых мер, равному номинальному размеру контролируемого отверстия (D_{nom}), или равному предельным размерам;

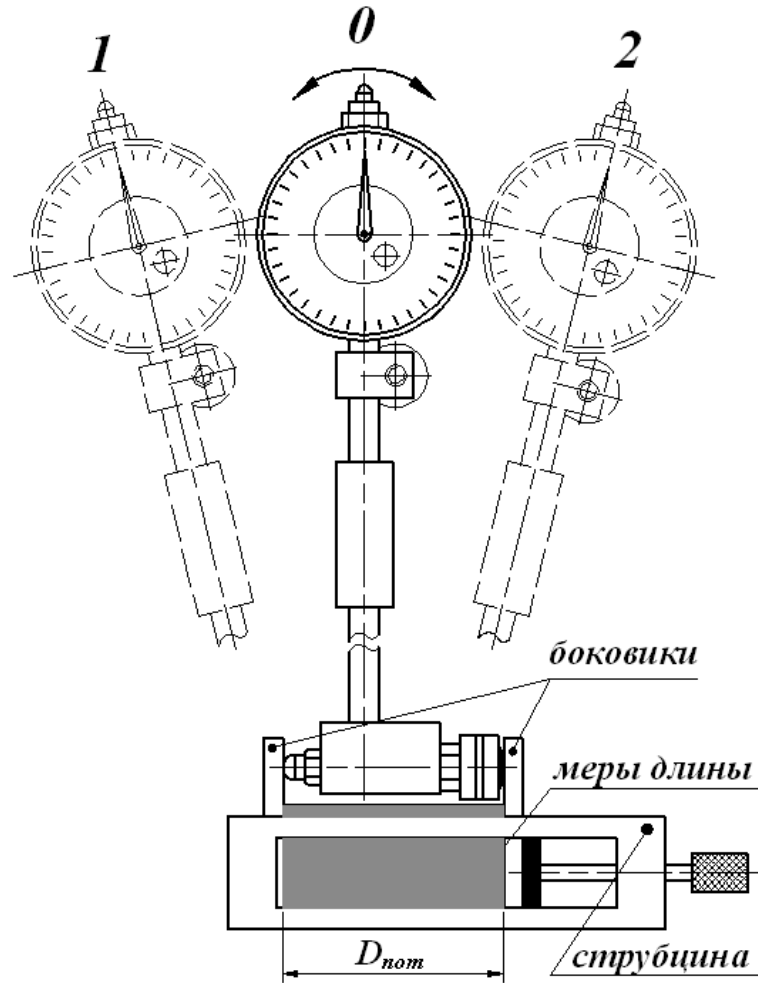
2 установку и закрепление блока в державку (струбцину) с радиусными боковиками, как показано на рисунок Б.2 а;

3 установку нутромера в державку, как показано на рисунок Б.2 а (начальное положение 0);

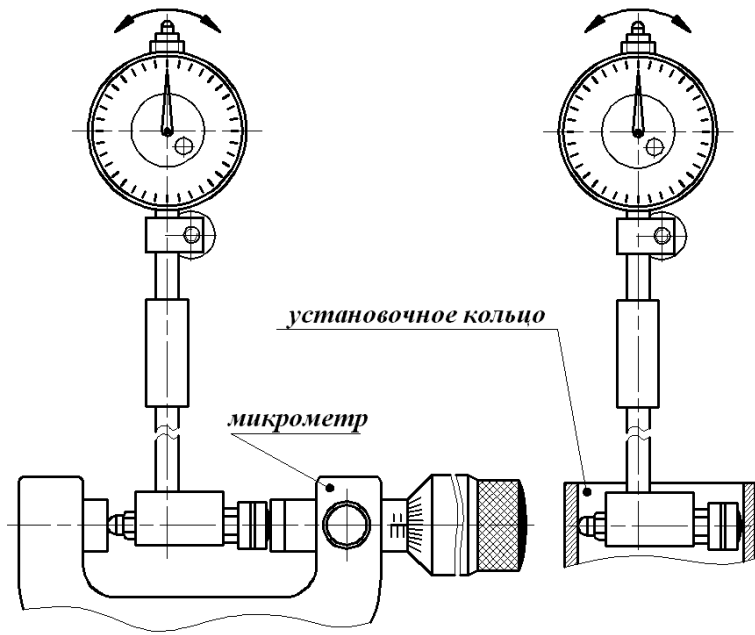
4 наклонять нутромер в положение 1 от начального положения или в положение 2, а затем обратно в сторону начального положения «0». При этом большая стрелка индикаторной головки 7 перемещается в одном направлении и в определенный момент (когда стержни нутромера располагаются точно перпендикулярно к радиусным боковикам), начнёт перемещаться в обратном направлении. Вращая за обод циферблата 8 индикаторной головки 7, нулевую метку, необходимо совместить с тем положением, где стрелка меняет направление движения на обратное. На этом настройка нутромера на заданный размер завершается.

Примечание – Аналогично нутромер настраивается на заданный размер с помощью установочного кольца (Рисунок Б.2 в) или микрометра (Рисунок Б.2 б), если нет

возможности производить настройку нутромера по набору плоскопараллельных концевых мер длины.



а)



б)

в)

Рисунок Б.2 – Настройка нутромера индикаторного:
а – по блоку концевых мер с боковиками; б – по микрометру; в – по образцовому аттестованному кольцу

Б.2 Правило снятия отсчёта

При измерении действительного размера отверстия контролируемой детали применяют метод сравнения с мерой, т. е. получают действительное отклонение от номинального значения. При этом необходимо учесть, что при увеличении размера детали стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки (размер увеличивается, поэтому отклонение имеет положительное значение «+»), а при уменьшении – по часовой стрелке (размер уменьшается, поэтому отклонение имеет отрицательное значение «-»).

На рисунке Б.3 показаны примеры снятия показаний при работе с нутромером индикаторным (измерительная головка – ИЧ-10, цена деления 0,01 мм) (производится измерение отверстия номинальным размером $\varnothing 71$ мм).

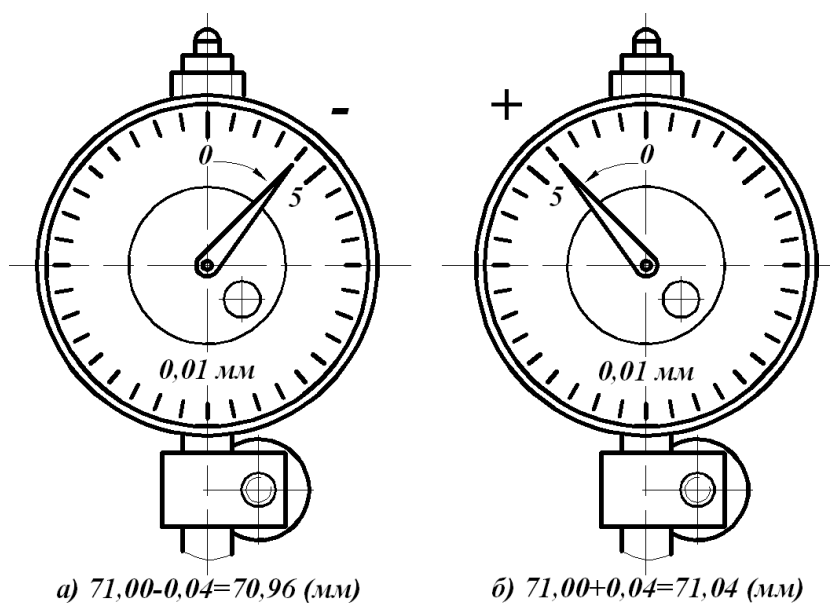


Рисунок Б.3 – Примеры снятия отсчёта

Лабораторная работа №1.3

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ (КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА)

Основные термины и определения

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.п.) в выбранных единицах измерения.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются отклонения (D_{nom}, d_{nom}).

Номинальный размер определяется конструктором в результате расчетов на прочность, жесткость, при определении габаритов и т.д. или с учетом конструктивных и технологических соображений.

Действительным размером – размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью. Следует отметить, что действительный размер находят в случаях, когда требуется определить соответствие размеров элементов детали установленным требованиям. Когда же такие требования не установлены, и измерения проводят не с целью приёмки продукции, то возможно использование термина **измеренный размер**, т.е. размер, полученный в результате измерений. В любом случае погрешность измерений выбирается в зависимости от поставленной цели измерения.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или быть им равным) действительный размер. Как видно из определения, размер годного элемента детали задают двумя предельными значениями, при которых он должен правильно выполнять свои функции. Эти размеры называют **наибольшим предельным размером** (наибольший допустимый размер элемента детали D_{max}, d_{max}) и **наименьшим предельным размером** (наименьший допустимый размер элемента детали D_{min}, d_{min}).

Таким образом, устанавливать (нормировать) точность размера – это значит указать два его допускаемых предельных значения.

Отклонение – алгебраическая разность между соответствующим (предельным или действительным) размером и номинальным размером. Поскольку размер может быть как больше, так и меньше номинального, при нормировании требований к его точности используют термины «верхнее» и «нижнее» отклонения.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером.

Отклонение всегда имеет знак (+) или (-).

Верхнее отклонение принято обозначать латинскими буквами ES для отверстий и es для валов.

Нижнее отклонение обозначают буквами EI для отверстий и ei для валов.

Обозначения предельных отклонений на рабочих чертежах деталей или на чертежах общего вида должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.109, ГОСТ 2.307 и ГОСТ 30893.1.

При обозначении предельных отклонений размеров необходимо выполнять основные правила:

– линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения;

– на рабочих чертежах предельные отклонения приводят для всех размеров, кроме справочных; размеров, определяющих зоны шероховатости, термообработки, покрытия, и для размеров деталей задаваемых с припуском, для которых допускается не указывать предельные отклонения;

– на сборочных чертежах предельные отклонения указывают для параметров, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному сборочному чертежу, а также для размеров деталей, изображенных на сборочном чертеже, на которые рабочие чертежи не выпускаются;

– допуски на размеры элементов деталей, которые не указаны индивидуально, нормируются в соответствии с ГОСТ 30893.1. По этому стандарту допуски должны браться по 12-ому и более грубым квалитетам по ГОСТ 25346. В ГОСТ 30893.1 предусмотрена возможность использования не только квалитетов, но и классов точности, которые имеют следующие названия: точный (t_1), средний (t_2), грубый (t_3) и очень грубый (t_4).

Примеры указания требований к точности:

1) буквенно-цифровое представление:

$$\varnothing 15H7,$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер отверстия, мм;

H – основное отклонение отверстия;

7 – квалитет (не имеет размерности);

$H7$ – поле допуска;

2) представление с предельными отклонениями:

$$\varnothing 15^{+0,018},$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер, мм;

$+0,018$ – значение верхнего отклонения, мм;

(значение нижнего отклонения равно 0, не указывается);

3) комбинированное представление:

$$\varnothing 15j_s7(\pm 0,009),$$

где $\varnothing 15$ – номинальный размер, мм;

j_s7 – поле допуска;

$+0,009$ – значение верхнего отклонения, мм;

$-0,009$ – значение нижнего отклонения, мм;

Допуск (T, IT, IT_D, IT_d) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

$$IT_D(T, IT) = D_{max} - D_{min} = ES - EI;$$

$$IT_d(T, IT) = d_{max} - d_{min} = es - ei.$$

Допуск – это положительная величина.

Чем меньше величина допуска, тем точнее должен быть изготовлен нормируемый элемент детали и тем труднее и дороже его изготовление. Чем больше величина допуска, тем грубее требования к элементу детали и тем проще и дешевле его изготовление.

Во всех случаях, где это возможно, следует использовать более грубые допуски, так как это экономически выгодно для производства, но только в тех пределах, чтобы это не сказывалось на качестве выпускаемой продукции. Поэтому *выбор величины допуска должен быть обоснован.*

Графически допуск можно представить в виде поля допуска в соответствии с рисунком 1.3.1.

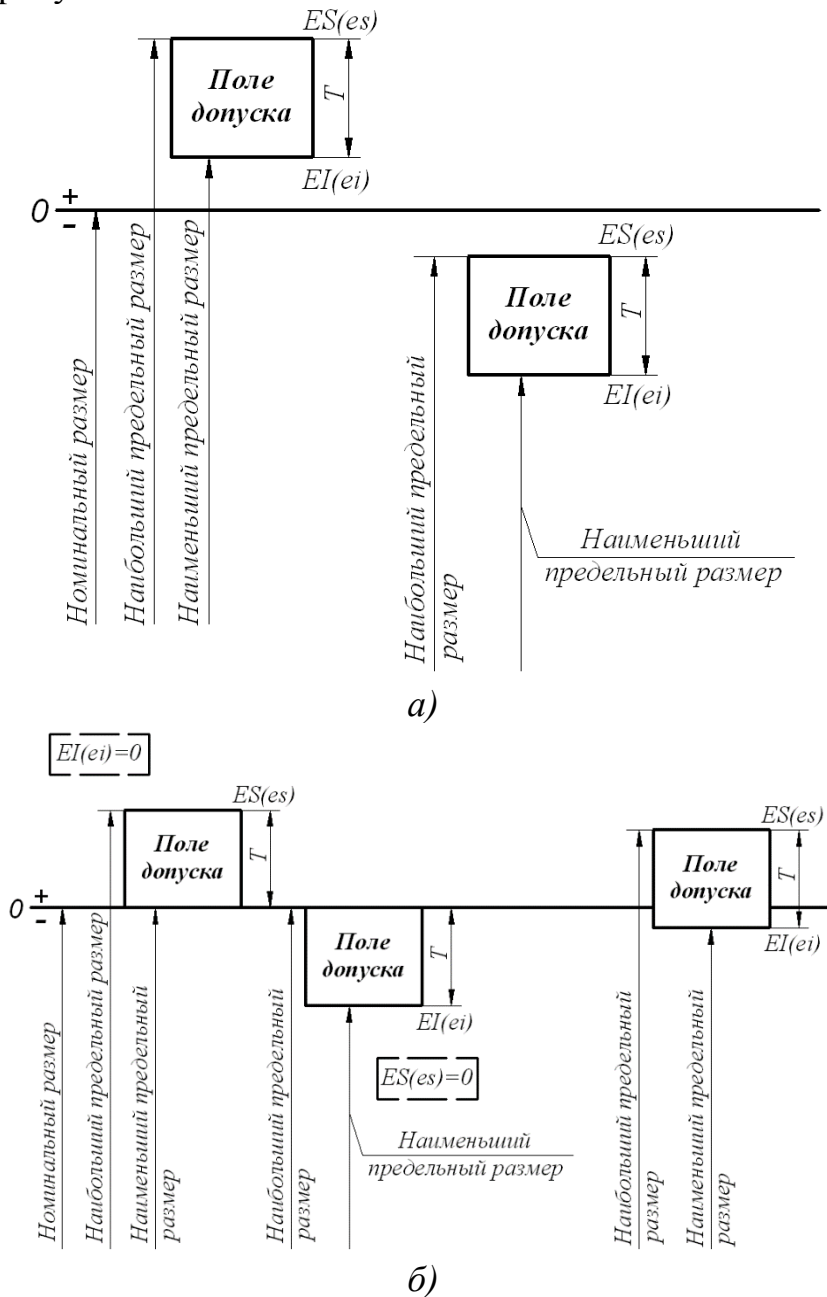


Рисунок 1.3.1 – Графическое изображение полей допусков

На рисунке представлены отклонения и границы, которые соответствуют предельным нормируемым размерам элемента детали. Между верхним и нижним отклонениями расположено поле допуска.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой указывают отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Обычно нулевая линия располагается горизонтально и положительные отклонения от номинального размера откладывают вверх от нулевой линии, а отрицательные – вниз.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами, определяющими допуск и его положение относительно номинального размера.

При нормировании точности выделяют одно отклонение из двух, которым характеризуется положение поля допуска относительно номинального размера. Это отклонение получило название **основное отклонение**.

Основное отклонение – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. В системах нормирования точности размеров основным отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Конструктивно любая деталь состоит из элементов (поверхностей) различной геометрической формы, часть из которых сопрягается (образует посадки-сопряжения) с поверхностями других деталей, образуя посадки, а остальная часть элементов является свободной (несопрягаемой). Размеры всех элементов деталей независимо от их формы условно делят на три группы: *размеры валов, размеры отверстий и размеры, не относящиеся к валам и отверстиям.*

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров.

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров.

Согласно ЕСДП (Единая система допусков и посадок) выделяют две равноправные системы допусков и посадок: системы отверстия и системы вала.

Система отверстия – система допусков и посадок, при которой предельные размеры отверстия для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала.

Система вала – система допусков и посадок, при которой предельные размеры вала для всех посадок для данного номинального размера сопряжения и качества остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Для предельных размеров, ограниченных верхним и нижним отклонениями, применяется понятие пределов максимума и минимума материала.

Предел максимума материала – термин, относящийся к тому из предельных размеров, которому соответствует наибольший объем (масса) материала, т.е. наибольший предельный допускаемый размер вала и наименьший предельный размер отверстия.

По-другому этот предел можно представить как границу значения годного размера элемента детали, которая будет достигнута первой в процессе обработки со снятием материала.

Предел минимума материала – термин, относящийся к тому из предельных допускаемых размеров, которому соответствует наименьший объем (масса) материала, т.е. наименьший допустимый размер вала и наибольший допустимый размер отверстия.

Другими словами, это предел, который определяет границу неисправимого брака.

Цели и задачи работы

Цель работы: изучение методов измерения линейных размеров деталей, приобретение практических навыков выполнения измерений с использованием простейших универсальных средств измерений, ознакомление с работой координатно-измерительной машины (КИМ) при выполнении таких измерений.

Задачи:

1. Измерить диаметры наружной и внутренней номинально цилиндрических поверхностей детали, выполненной в виде ступенчатой втулки, а также длину одной из её ступеней с использованием имеющихся в наличии простейших универсальных средств измерений. Сопоставить с предельными допустимыми размерами.

2. Измерить диаметры наружной и внутренней номинально цилиндрических поверхностей детали, выполненной в виде ступенчатой втулки, а также длину одной из её ступеней с использованием КИМ. Сопоставить с предельными допустимыми размерами.

Материальное обеспечение работы

Объект контроля: втулка.

Эскиз детали представлен на рисунке 1.3.2.

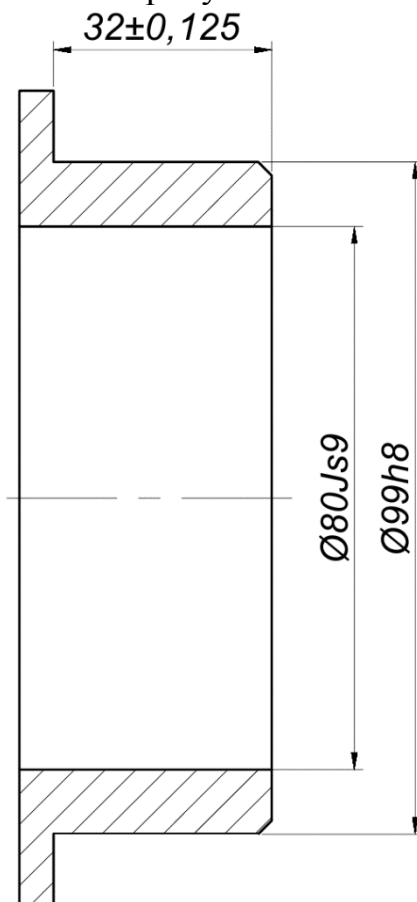


Рисунок 1.3.2 – Эскиз объекта контроля

Измерение диаметра наружной номинально цилиндрической поверхности втулки

Средства измерений:

- микрометр гладкий (МК) 75-100 мм, ГОСТ 6507.

Метод измерения

Измерение наружного диаметра вала осуществляется *методом непосредственной оценки*. Схема контроля представлена на рисунке 1.3.3.

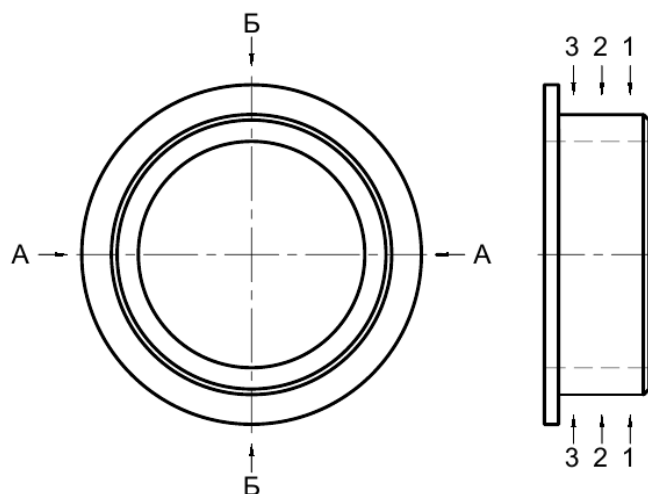


Рисунок 1.3.3 – Схема контроля

Измерение диаметра внутренней номинально цилиндрической поверхности втулки

Средства измерений:

- нутромер индикаторный (НИ) 50-100 мм, ГОСТ 868;
- концевые меры длины, ГОСТ 9038.

Метод измерения

Измерение диаметра отверстия осуществляется *методом сравнения с мерой*. Схема контроля представлена на рисунке 1.3.4.

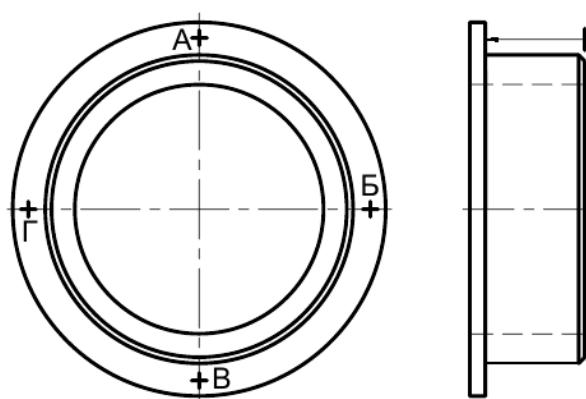


Рисунок 1.3.4 – Схема контроля

Форма протокола измерений
Протокол измерений № _____

Деталь _____
Контролеры _____

Размер	Предельные размеры, мм	Действительные размеры, мм		

Заключение о годности _____

Измерение линейных размеров детали на базе КИМ

Этап № 1. Подготовить измерительный аппаратно-программный комплекс (КИМ и компьютер) к проведению измерений:

- включить КИМ и провести ее идентификацию в соответствующем программном обеспечении компьютера;
- открыть программный пакет геометрических измерений PC-DMIS, дважды кликнув на иконке PC-DMIS (Рисунок 1.3.5), и создать новую программу измерений;

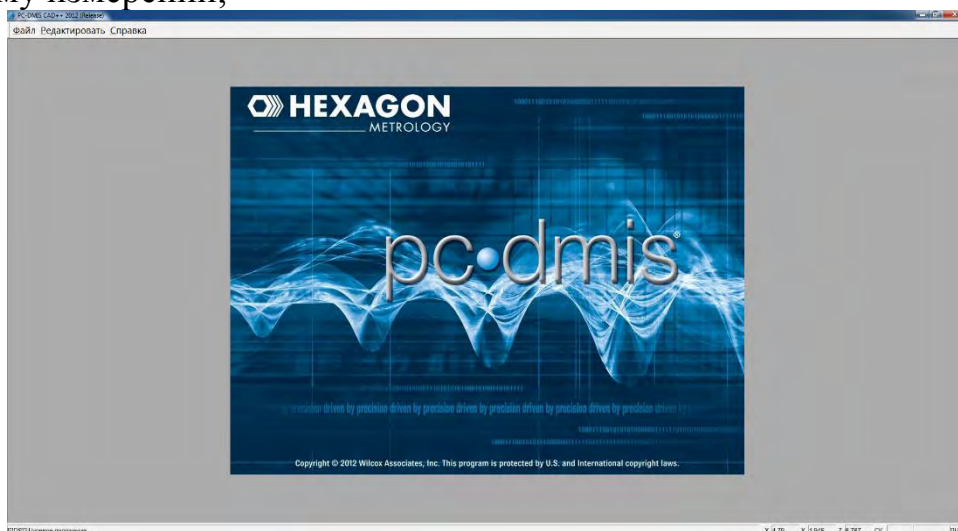


Рисунок 1.3.5 – Программный пакет PC-DMIS

Этап № 2. Привязать систему координат КИМ к системе координат детали:

- провести набор координат необходимого количества точек для определения элементов детали (точка, прямая, окружность, плоскость, цилиндр и др.) как показано на рисунке 1.3.6;

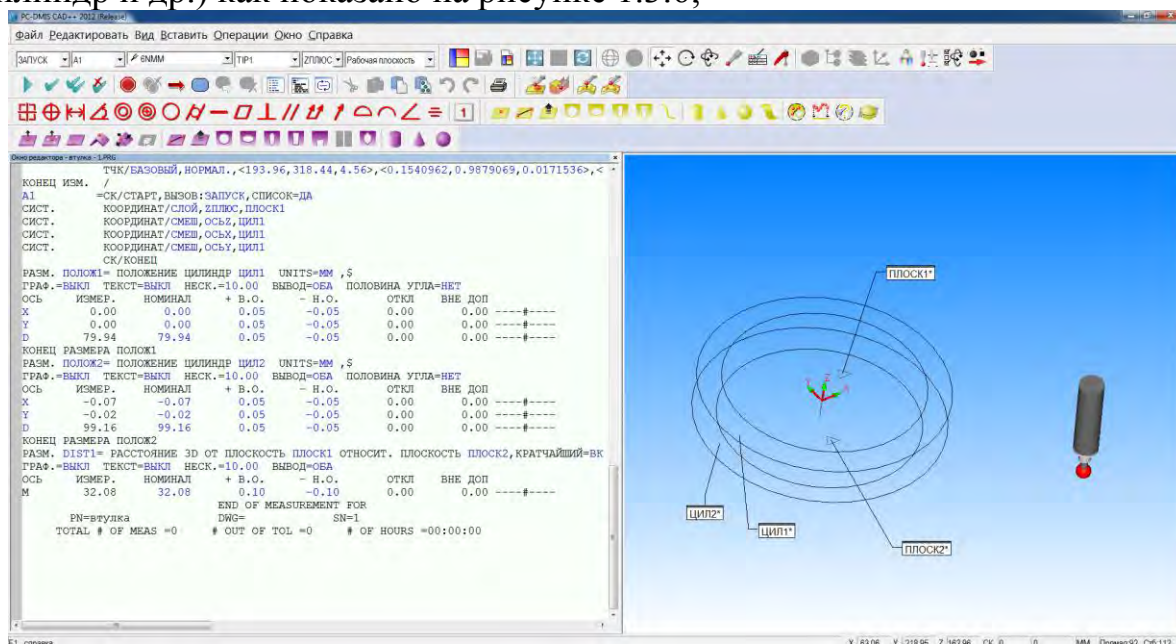


Рисунок 1.3.6. – Определение элементов детали в программном пакете PC-DMIS

- определить соответствующим элементам детали оси X, Y, Z, а также начало координат (Рисунок 1.3.7);

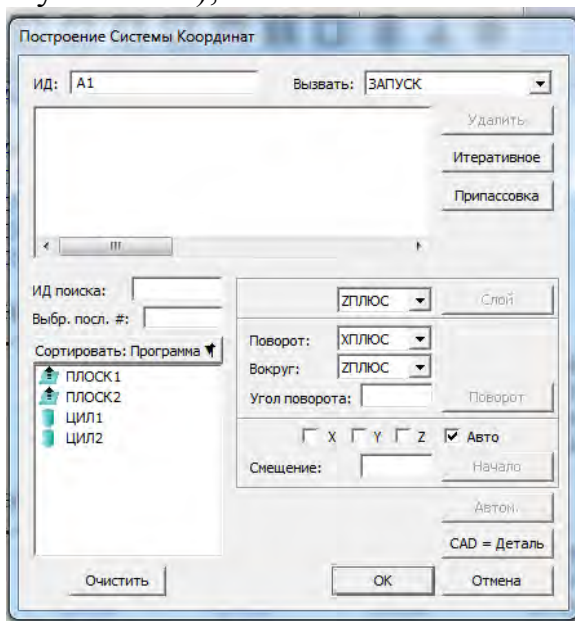


Рисунок 1.3.7 – Привязка системы координат

Этап № 3. Провести вычисление необходимых геометрических параметров в программном обеспечении PC-DMIS:

- определить диаметры окружностей или цилиндров с помощью команды «Положение»;
- определить длину ступени с помощью команды «Расстояние» (Рисунок 1.3.8).

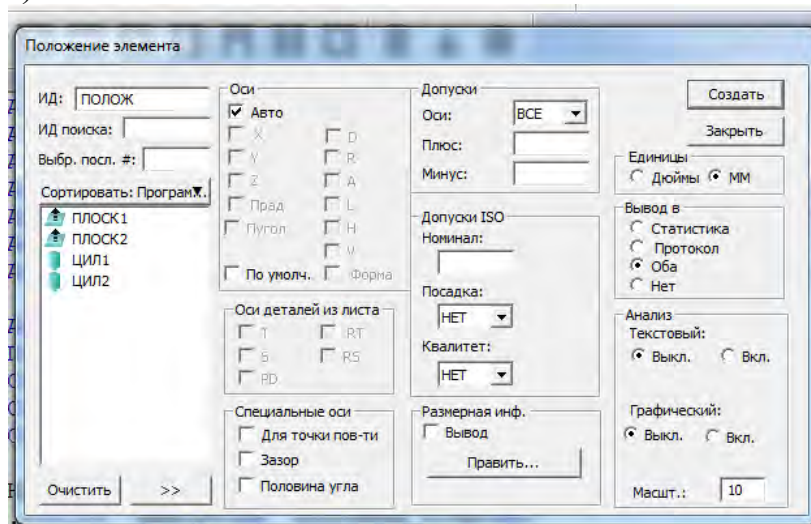


Рисунок 1.3.8 – Определение размеров элементов детали

Этап № 4. Сопоставить полученные результаты измерений с предельными допустимыми размерами, а также с размерами, полученными в результате измерений универсальными средствами измерений:

- вывести на экран протокол измерений (распечатать на принтере). Пример протокола проведения измерений показан на рисунке 1.3.9.

pcdmis		ИМЯ ДЕТАЛИ : втулка				марта 13, 2013	11:28
		НОМЕР РЕДАКЦИИ :		ПОРЯДК. НОМЕР :	1	СТАТИСТ. СЧЕТЧИК :	1
⊕	ММ	ПОЛОЖ1 - ЦИЛ1					
Ось	ИЗМЕР.	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	
X	0.00	0.00	0.05	-0.05	0.00	0.00	
Y	0.00	0.00	0.05	-0.05	0.00	0.00	
D	79.94	79.94	0.05	-0.05	0.00	0.00	
⊕	ММ	ПОЛОЖ2 - ЦИЛ2					
Ось	ИЗМЕР.	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	
X	-0.07	-0.07	0.05	-0.05	0.00	0.00	
Y	-0.02	-0.02	0.05	-0.05	0.00	0.00	
D	99.16	99.16	0.05	-0.05	0.00	0.00	
↔	ММ	DIST1 - ПЛОСК1 ОТНОСИТ. ПЛОСК2					
Ось	ИЗМЕР.	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	
M	32.08	32.08	0.10	-0.10	0.00	0.00	

Рисунок 1.3.9 – Протокол измерений в программном пакете PC-DMIS

Лабораторная работа № 2.1

КОНТРОЛЬ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Основные термины и определения

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Профиль – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

Нормируемый участок (L) – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения.

База – элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задаётся допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

Отклонение формы (EF) – отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

Допуск форм (TF) – наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Отклонение расположения (EP) – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

Допуск расположения (TP) – предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

Суммарное отклонение формы и расположения (ES) – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно баз.

Поле суммарного допуска формы и расположения (TS) – область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка. Это поле имеет заданное номинальное

положение относительно баз.

Виды допусков и их обозначение приведены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Виды отклонений формы и расположения поверхностей

№	Вид отклонения и его обозначение по ГОСТ 24642	Обозначение на чертеже	
1	Отклонения формы	Отклонение от прямолинейности <i>EFL</i>	
2		Отклонение от плоскостности <i>EFE</i>	
3		Отклонение от круглости <i>EFK</i>	
4		Отклонение профиля продольного сечения <i>EFP</i>	
5		Отклонение от цилиндричности <i>EFZ</i>	
1	Отклонения расположения	Отклонение от параллельности <i>EPA</i>	
2		Отклонение от перпендикулярности <i>EPR</i>	
3		Отклонение наклона <i>EPN</i>	
4		Отклонение от соосности	
5		Отклонение от симметричности	
6		Позиционное отклонение <i>EPP</i>	
7		Отклонение от пересечения осей <i>EPX</i>	
1	Суммарные отклонения формы и расположения	Радиальное биение <i>ECR</i>	
2		Торцевое биение <i>ECA</i>	
3		Биение в заданном направлении <i>ECD</i>	
4		Полное радиальное биение <i>ECTR</i>	
5		Полное торцевое биение <i>ECTA</i>	
6		Отклонение заданного профиля <i>ECL</i>	
7		Отклонение заданной поверхности <i>ECE</i>	

Отклонение от прямолинейности

Отклонение от прямолинейности (EFL) – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (Рисунок 2.1.1).

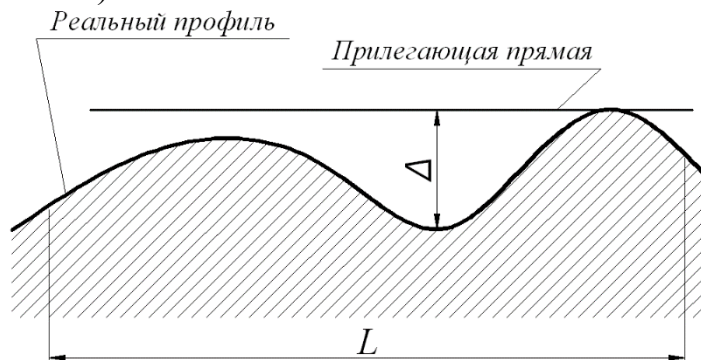


Рисунок 2.1.1 – Отклонение от прямолинейности в плоскости

Допуск прямолинейности (TFL) – наибольшее допускаемое значение отклонения от прямолинейности.

Частными видами отклонения от прямолинейности являются **выпуклость** и **вогнутость** (Рисунок 2.2.2).

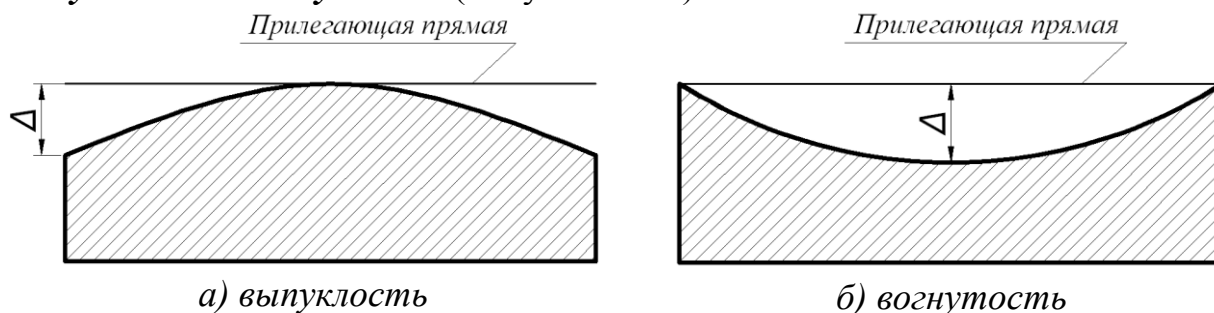


Рисунок 2.2.2 – Частные виды отклонения от прямолинейности в плоскости
Выпуклость – отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой уменьшается от краев к середине.

Вогнутость – отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой увеличивается от краев к середине.

Обозначение отклонения от прямолинейности на чертежах (Рисунок 2.2.3).

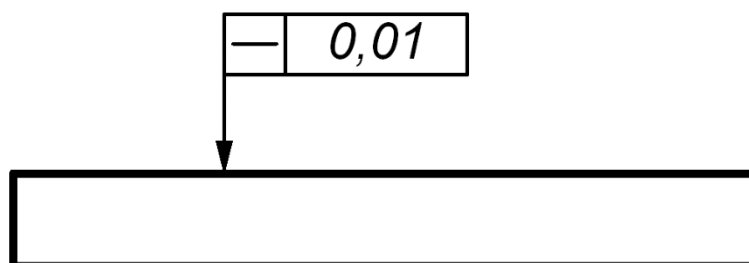


Рисунок 2.2.3 – Пример обозначения отклонения от прямолинейности на чертеже

Цели и задачи работы

Цель работы: изучение методов воспроизведения прилегающей прямой и методики выполнения измерений отклонения от прямолинейности.

Задачи:

7. Провести анализ требований к точности контролируемой детали, выбрать методы и средства приемочного контроля детали по заданным параметрам.

8. Измерить отклонения от прямолинейности и зафиксировать результаты с учетом погрешностей измерений.

9. Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.

Материальное обеспечение работы

Объект контроля: металлическая пластина

Эскиз объекта контроля представлен на рисунке 2.2.4.

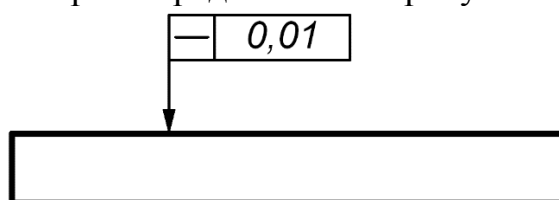


Рисунок 2.2.4 – Эскиз объекта контроля

Измеряемая величина: отклонение от прямолинейности

Средства измерений:

– *станковые средства измерения:* стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой или пружинной головкой.

Вспомогательные меры и устройства:

- набор плоскопараллельных концевых мер длины;
- линейка лекальная;
- линейка измерительная;
- плита поверочная.

Метод измерения

Измерение осуществляется *методом сравнения с мерой*, где мерой прямолинейности исследуемой поверхности служит рабочая поверхность лекальной линейки или поверочной плиты. Схема контроля представлена на рисунке 2.2.5.

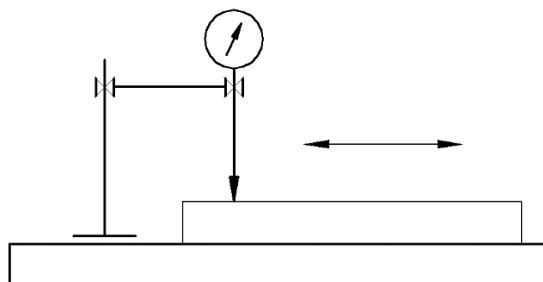


Рисунок 2.2.5 – Схема контроля

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.
2. Выбрать предварительную методику выполнения измерений (МВИ) размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных сечений и др.)
3. Оценить погрешности измерений.
4. Измерить отклонения от прямолинейности для каждой контролируемой поверхности:
 - 4.1. Деталь устанавливается на плиту по двум наиболее удаленным друг от друга точкам так, чтобы контролируемая поверхность была примерно параллельна плоскости плиты.
 - 4.2. Измерительную головку устанавливают с натягом на произвольную точку контролируемой поверхности, отклонения записывают с учетом знака.
 - 4.3. Измерение ординат осуществляется при перемещении прибора относительно контролируемой детали. Шаг его перемещения равен 10 мм.
 - 4.4. По окончании цикла измерений проверяют, сохранилась ли правильная диагностика прибора.
 - 4.5. При необходимости уточнить МВИ.
 - 4.6. Результаты измерений представить в табличной форме (см. Таблица 2.2.2).
5. Выполнить анализ результатов измерений (Приложение А). Дать заключение о годности детали по контролируемому параметру.
6. Оформить отчет о лабораторной работе.

Таблица 2.2.2 – Результаты выполнения контроля параметра детали

<i>Координаты</i>	<i>Значение координат точек</i>										
<i>Абсцисса, мм</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>70</i>	<i>80</i>	<i>90</i>	<i>100</i>	<i>110</i>
<i>Ордината № 1, мкм (поверхность А)</i>											
<i>Ордината № 2, мкм (поверхность Б)</i>											
Заключение о годности детали:											

В таблице или в примечаниях к ней указывают погрешность измерения по типу: $\Delta = \pm 0,01 \text{ мм}$, $P = 0,95$.

Лабораторная работа № 2.2

КОНТРОЛЬ КРУГЛОСТИ И ПРОФИЛЯ ПРОДОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Основные термины и определения

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Профиль – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

Нормируемый участок (L) – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения.

База – элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задаётся допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

Отклонение формы (EF) – отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

Допуском формы (TF) – наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Отклонение расположения (EP) – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

Допуском расположения (TP) – предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

Суммарное отклонение формы и расположения (ES) – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно баз.

Поле суммарного допуска формы и расположения (TC) – область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка. Это поле имеет заданное номинальное положение относительно баз.

Виды допусков и их обозначение приведены в таблице 2.2.1.
Таблица 2.2.1 – Виды отклонений формы и расположения поверхностей

№	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Обозначение на чертеже	
1	Отклонения формы	Отклонение от прямолинейности <i>EFL</i>	
		Отклонение от плоскостности <i>EFE</i>	
		Отклонение от круглости <i>EFK</i>	
		Отклонение профиля продольного сечения <i>EFP</i>	
		Отклонение от цилиндричности <i>EFZ</i>	
1	Отклонения расположения	Отклонение от параллельности <i>EPA</i>	
		Отклонение от перпендикулярности <i>EPR</i>	
		Отклонение наклона <i>EPN</i>	
		Отклонение от соосности	
		Отклонение от симметричности	
		Позиционное отклонение <i>EPP</i>	
		Отклонение от пересечения осей <i>EPX</i>	
1	Суммарные отклонения формы и расположения	Радиальное биение <i>ECR</i>	
		Торцевое биение <i>ECA</i>	
		Биение в заданном направлении <i>ECD</i>	
		Полное радиальное биение <i>ECTR</i>	
		Полное торцевое биение <i>ECTA</i>	
		Отклонение заданного профиля <i>ECL</i>	
		Отклонение заданной поверхности <i>ECE</i>	

Отклонение от круглости

Отклонение от круглости (EFK) – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (Рисунок 2.2.1).

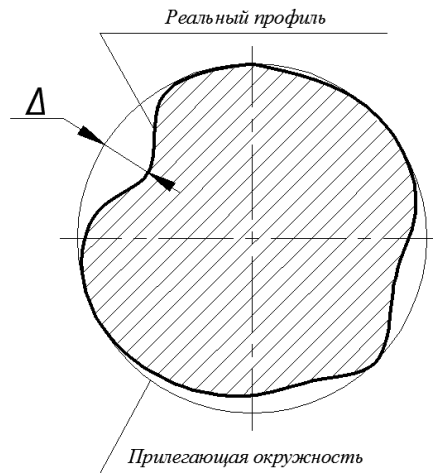
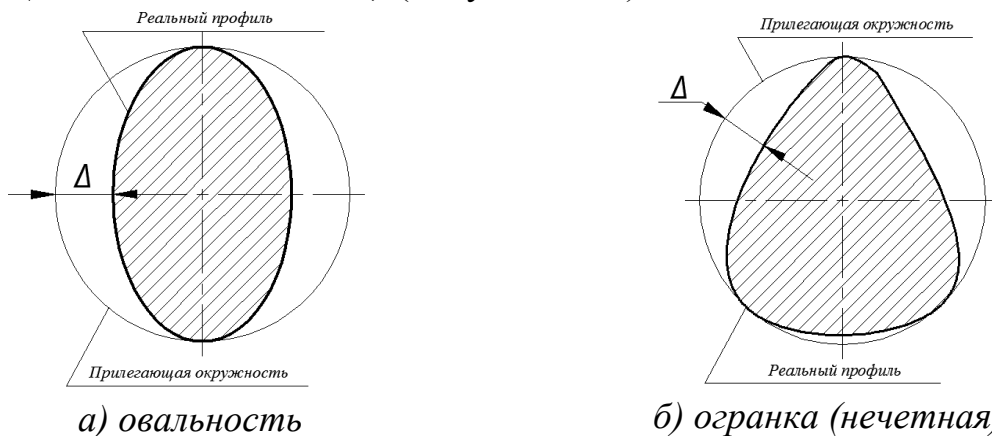


Рисунок 2.2.1 – Отклонение от круглости

Допуск круглости (TFK) – наибольшее допускаемое значение отклонения от круглости.

Частными видами отклонения от круглости являются **овальность** и **огранка (четная или нечетная)** (Рисунок 2.2.2).



а) овальность

б) огранка (нечетная)

Рисунок 2.2.2 – Частные виды отклонения от круглости

Овальность – отклонение от круглости, при котором реальный профиль цилиндрической детали представляет собой овальнообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

Огранка – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Они разделяются на огранки с четным и нечетным числом граней.

Обозначение отклонения от круглости на чертежах (Рисунок 2.2.3).

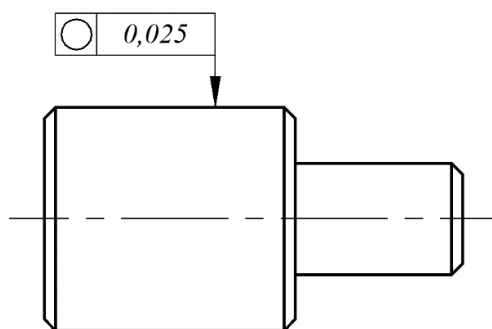


Рисунок 2.2.3 – Пример обозначения отклонения от круглости на чертеже

Отклонение профиля продольного сечения

Отклонение профиля продольного сечения (EFP) – наибольшее расстояние от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (Рисунок 2.2.4).

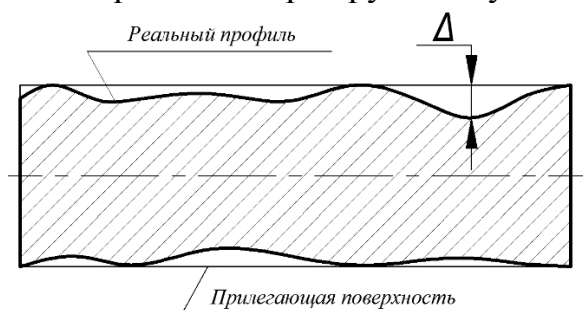


Рисунок 2.2.4 – Отклонение профиля продольного сечения

Допуск профиля продольного сечения (TFP) – наибольшее допускаемое значение отклонения профиля продольного сечения.

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются **бочкообразность**, **седлообразность** и **конусообразность** (Рисунок 2.2.5).

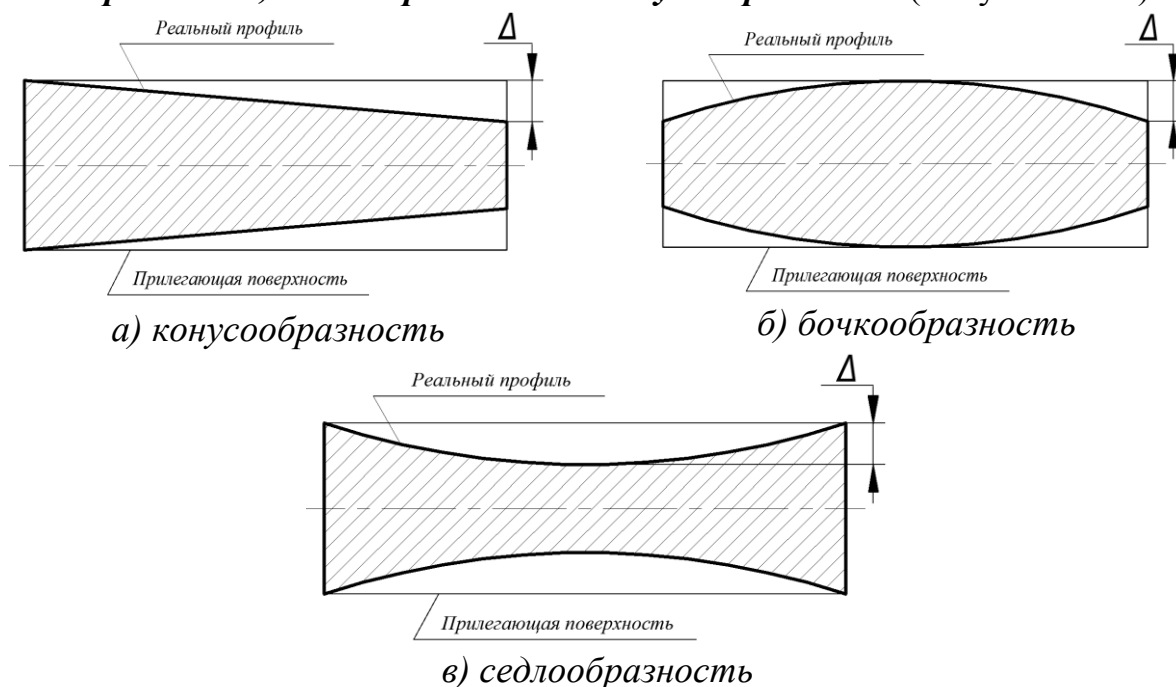


Рисунок 2.2.5 – Частные виды отклонения профиля продольного сечения

Конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие цилиндрической детали прямолинейны, но не параллельны.

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие цилиндрической детали непрямолинейны, а ее диаметры увеличиваются от краев детали к ее середине.

Седлообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие цилиндрической детали непрямолинейны, а ее диаметры уменьшаются от краев детали к ее середине.

Обозначение отклонения профиля продольного сечения на чертежах (Рисунок 2.2.6).

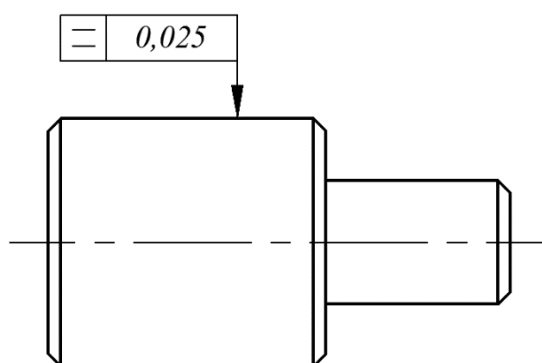


Рисунок 2.2.6 – Пример обозначения отклонения профиля продольного сечения на чертеже

Цели и задачи работы

Цель работы: изучение методов воспроизведения прилегающих элементов и методики выполнения измерений отклонений от круглости и профиля продольного сечения деталей цилиндрической формы.

Задачи:

Провести анализ требований к точности контролируемой детали, выбрать методы и средства приемочного контроля детали по заданным параметрам.

Исследовать круглость детали с помощью кругломера; с помощью универсальных средств измерений.

Измерить отклонение профиля продольного сечения детали.

Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.

Материальное обеспечение работы

Объект контроля: ступенчатый вал.

Эскиз детали представлен на рисунке 2.2.7.

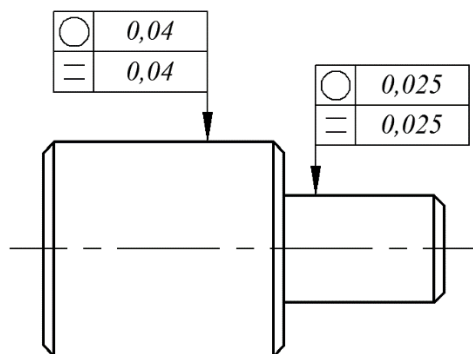


Рисунок 2.2.7 – Эскиз объекта контроля

Измеряемая величина: отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения.

Средства измерений:

– *накладные средства измерения:* штангенциркуль, микрометр рычажный, скоба индикаторная, скоба рычажная

– *станковые средства измерения:* кругломер, стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой или пружинной головкой, стойка с оптикатором др.

Вспомогательные меры и устройства:

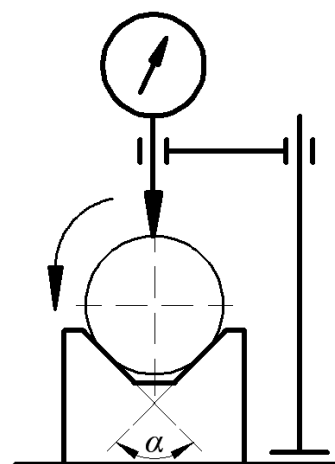
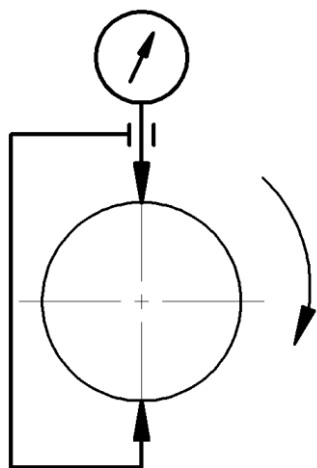
– набор плоскопараллельных концевых мер длины;

– призма;

– кольца специальные для контроля круглости.

Метод измерения

Используется **метод сравнения с мерой**, где образцовое вращение детали и измерительного наконечника производится с помощью шпинделя-кругломера или подшипников в виде призмы или кольца, образцовая прямая – с помощью лекальной линейки или плиты, возможно также **непосредственная оценка** отклонения круглости детали путем измерения ее диаметров. Схемы контроля представлена на рисунке 2.2.8.



а) контроль круглости (овальности)
с помощью кругломера

б) контроль круглости (огранки) с
помощью призмы

Рисунок 2.2.8 – Схемы контроля

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.

2. Выбрать предварительную методику выполнения измерений (МВИ) размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных сечений и др.)

3. Оценить погрешности измерений.

4. Измерить отклонения от круглости для каждой контролируемой поверхности:

4.1. Измерение отклонения от круглости (овальности):

- Измерения осуществляется согласно схеме контроля (Рисунок 2.2.8а).

- Для измерения используется двухконтактный прибор.

- После настройки прибора в него устанавливается контролируемая деталь. Осуществлять вращение контролируемой детали относительно ее оси таким образом, что ось детали была перпендикулярна линии измерения.

- В трех выбранных сечении зафиксировать наибольшее и наименьшее отклонения от произвольно выбранного для настройки размера.

- По окончании цикла измерений проверяют, сохранилась ли правильная диагностика прибора.

- При необходимости уточнить МВИ.

- Результаты измерений представить в табличной форме (см. Таблица 2.2.2).

4.2. Измерение отклонения от круглости (огранки):

- Измерения осуществляется согласно схеме контроля (Рисунок 2.2.8б).

- Для измерения используется измерительная головка и призма.

- После настройки прибора установить контролируемая деталь на призму. Осуществлять вращение контролируемой детали относительно ее оси таким образом, что ось детали была перпендикулярна линии измерения.

- В трех выбранных сечениях зафиксировать наибольшее и наименьшее отклонения от произвольно выбранного для настройки размера.

- По окончании цикла измерений проверяют, сохранилась ли правильная диагностика прибора.

- При необходимости уточнить МВИ.

- Результаты измерений представить в табличной форме (см. Таблица 2.2.3).

Таблица 2.2.2 – Результаты выполнения измерений круглости (овальности)

Результаты измерения	Сечения контролируемой детали		
	1-1	2-2	3-3
Максимальное показание прибора, мкм	x_{max}	x_{max}	x_{max}
Минимальное показание прибора, мкм	x_{min}	x_{min}	x_{min}
Отклонение круглости $\Delta_{об.}$	$x_{max} - x_{min}$	$x_{max} - x_{min}$	$x_{max} - x_{min}$
По полученным значениям отклонения круглости $\Delta_{об.}$ в трех контролируемых сечениях строится профиль контролируемой поверхности в продольном сечении и делается заключение о контроле отклонения профиля продольного сечения			

Таблица 2.2.3 – Результаты выполнения измерений круглости (огранки)

Результаты измерения	Сечения контролируемой детали		
	1-1	2-2	3-3
Максимальное показание прибора, мкм	x_{max}	x_{max}	x_{max}
Минимальное показание прибора, мкм	x_{min}	x_{min}	x_{min}
Отклонение круглости $\Delta_{огр.}$	$x_{max} - x_{min}$	$x_{max} - x_{min}$	$x_{max} - x_{min}$

5. Выполнить анализ результатов измерений. Дать заключение о годности детали по контролируемому параметру. Оформление результатов контроля отклонения от круглости и отклонения профиля продольного сечения может включать описание вида погрешности формы и числовое значение отклонения, например:

$$\Delta_{кр.} = (0,025 \pm 0,004) \text{ мм, } P = 0,95;$$

$$\Delta_{ппс.} = (0,025 \pm 0,004) \text{ мм, } P = 0,95.$$

6. Оформить отчет о лабораторной работе.

Лабораторная работа № 2.3

КОНТРОЛЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ ПЛОСКОСТЕЙ

Основные термины и определения

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Профиль – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

Нормируемый участок (L) – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

Если нормируемый участок не задан, то допуск или отклонение относится ко всей рассматриваемой поверхности или длине рассматриваемого элемента. Если расположение нормируемого участка не задано, то он может занимать любое расположение в пределах всего элемента.

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения.

База – элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задаётся допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

Отклонение формы (EF) – отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

Допуском формы (TF) – наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Отклонение расположения (EP) – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

Допуском расположения (TP) – предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

Суммарное отклонение формы и расположения (ES) – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно баз.

Поле суммарного допуска формы и расположения (ТС) – область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка. Это поле имеет заданное номинальное положение относительно баз.

Виды допусков и их обозначение приведены в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 – Виды отклонений формы и расположения поверхностей

№	Вид отклонения и его обозначение по ГОСТ 24642		Обозначение на чертеже
1	Отклонения формы	Отклонение от прямолинейности <i>EFL</i>	
2		Отклонение от плоскостности <i>EFE</i>	
3		Отклонение от круглости <i>EFK</i>	
4		Отклонение профиля продольного сечения <i>EFP</i>	
5		Отклонение от цилиндричности <i>EFZ</i>	
1	Отклонения расположения	Отклонение от параллельности <i>EPA</i>	
2		Отклонение от перпендикулярности <i>EPR</i>	
3		Отклонение наклона <i>EPN</i>	
4		Отклонение от соосности	
5		Отклонение от симметричности	
6		Позиционное отклонение <i>EPP</i>	
7		Отклонение от пересечения осей <i>EPX</i>	
1	Суммарные отклонения формы и расположения	Радиальное биение <i>ECR</i>	
2		Торцевое биение <i>ECA</i>	
3		Биение в заданном направлении <i>ECD</i>	
4		Полное радиальное биение <i>ECTR</i>	
5		Полное торцевое биение <i>ECTA</i>	
6		Отклонение заданного профиля <i>ECL</i>	
7		Отклонение заданной поверхности <i>ECE</i>	

Отклонение расположения поверхностей – это отклонение реального расположения рассматриваемого элемента детали от его номинального расположения.

Виды отклонений от расположения поверхностей представлены в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2 – Виды отклонений от расположения поверхностей

1	Отклонения расположения	Отклонение от параллельности EPA	//
2		Отклонение от перпендикулярности EPR	⊥
3		Отклонение наклона EPN	∟
4		Отклонение от соосности	⊙
5		Отклонение от симметричности	≡
6		Позиционное отклонение EPP	⊕
7		Отклонение от пересечения осей EPX	×

Отклонение от параллельности - это разность наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка.

Частные виды отклонений от параллельности.

1. Отклонение от параллельности плоскостей - разность D наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка (рисунок 2.3.1).

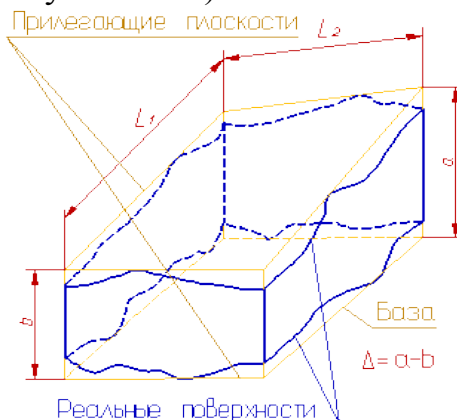


Рисунок 2.3.1 – Отклонение от параллельности плоскостей

Допуск параллельности - наибольшее допускаемое значение отклонения от параллельности.

Поле допуска параллельности плоскостей - область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску параллельности T, и параллельными базовой плоскости.

2. Отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости - разность D наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) и плоскостью на длине нормируемого участка (рисунок 2.3.2).

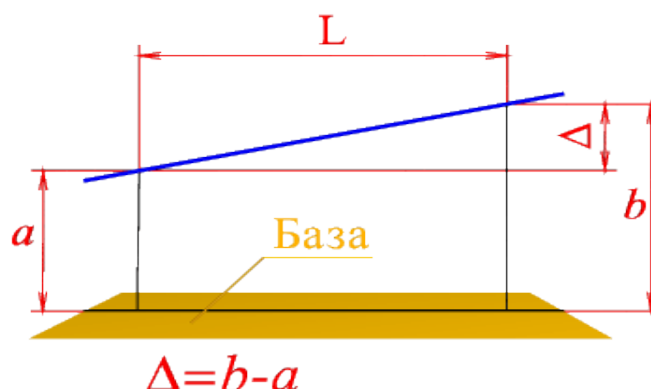


Рисунок 2.3.2 – Отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости

Поле допуска параллельности оси (или прямой) и плоскости - область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску параллельности T , и параллельными базовой плоскости или базовой оси (прямой).

3. Отклонение от параллельности прямых в плоскости - разность D наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на длине нормируемого участка (рисунок 3).

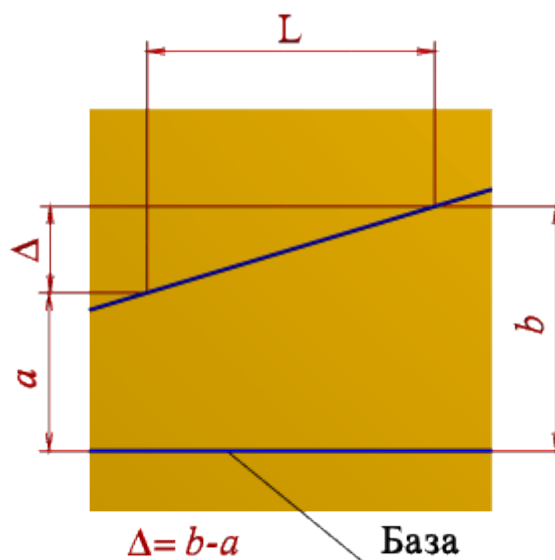


Рисунок 2.3.3 - Отклонение от параллельности прямых в плоскости

Поле допуска параллельности прямых в плоскости - область на плоскости, ограниченная двумя параллельными прямыми, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску параллельности T , и параллельными базовой прямой.

4. Отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве - геометрическая сумма отклонений от параллельности

проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей (рисунок 2.3.4).

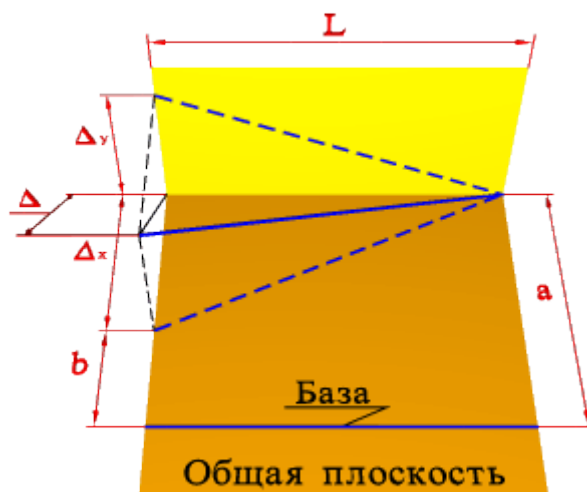


Рисунок 2.3.4 - Отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве

Поле допуска параллельности осей (или прямых) в пространстве -

1) Область в пространстве, ограниченная прямоугольным параллелепипедом, стороны сечения которого равны соответственно допуску параллельности осей (прямых) в общей плоскости T_x и допуску перекоса осей (прямых) T_y , а боковые грани параллельны базовой оси и соответственно параллельны и перпендикулярны общей плоскости осей (рисунок 5).

2) Область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску параллельности T , а ось параллельна базовой оси (рисунок 2.3.5).

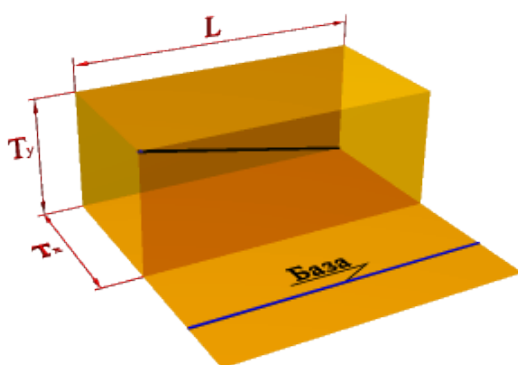


Рисунок 2.3.5

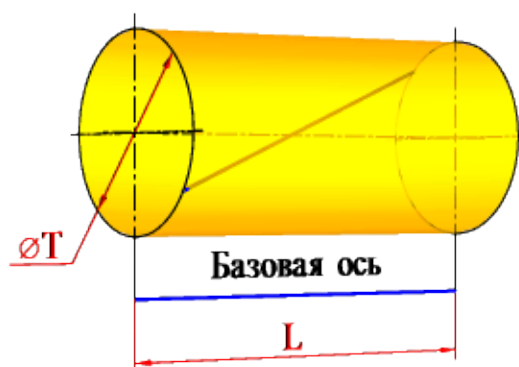


Рисунок 2.3.6

ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

При измерении отклонений плоскостей от параллельности к заданной базе плоскость, прилегающая к базовой поверхности, воспроизводится с помощью поверочной плиты и измерительных прокладок (рисунок 2.3.7а,б).

Предварительное определение характера элементарных отклонений от плоскостности (выпуклости или вогнутости) осуществляется на «просвет» при наложении лекальной линейки на контролируемую плоскость в нескольких пересекающихся направлениях (рисунок 8). *Выпуклую* базовую поверхность

обязательно устанавливают на плиту с измерительными прокладками.

Вогнутую или *волнистую* поверхность можно базировать непосредственно на нее. Поверхность, параллельность которой базовой поверхности подлежит контролю, заменяют «*прилегающей плоскостью*» аппаратурно либо графоаналитически.

Для аппаратурной реализации плоскости, параллельной прилегающей к контролируемой поверхности, используют плоскопараллельную пластину (концевую меру, стеклянную пластину, плиту с пренебрежимо малыми отклонениями поверхностей от плоскости, параллельности и т.д.) или лекальную линейку (рисунок 8). Плоскопараллельную пластину 2 накладывают на контролируемую поверхность детали 1, фиксируют в этом положении, после чего измеряют ординаты крайних точек площадки, соответствующей предписанной. Для этого показывающий прибор 3 (рисунок 2.3.7а,б) на стойке или штативе устанавливается с натягом на «0» по произвольной точке пластины, затем записываются *алгебраические значения* отклонений всех контролируемых точек.

При использовании лекальной линейки подобным образом измеряются две крайние ординаты при каждом наложении линейки, причем число и направления сечений выбирают в зависимости от реальной формы контролируемой поверхности так, чтобы по возможности выявить сечение, которому соответствуют наименьшая и наибольшая ординаты.

Контроль ординат реальной поверхности дает возможность оценить суммарные отклонения от параллельности и плоскостности. В этом случае производят измерения не только для крайних точек каждого сечения, но и других его характерных (экстремальных) точек.

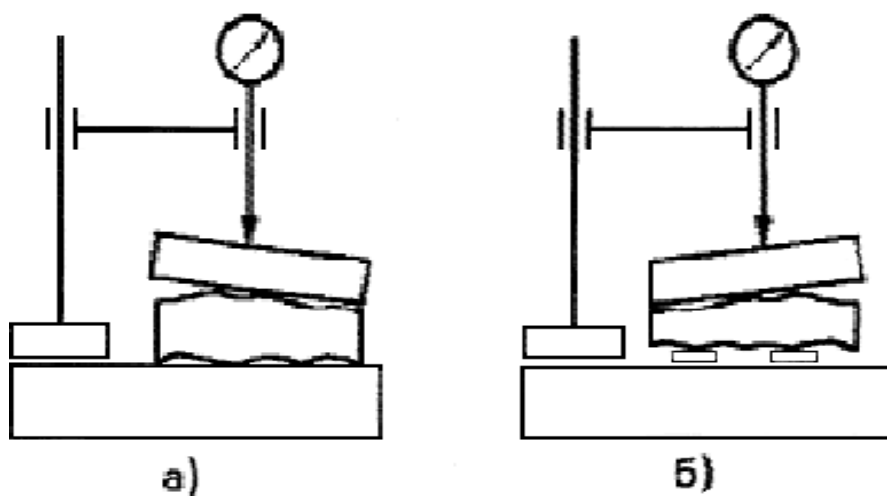
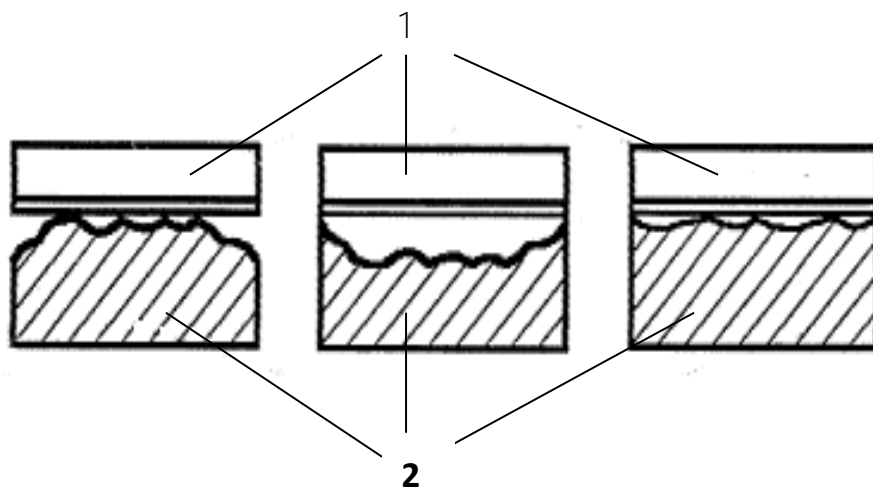


Рисунок 2.3.7 – Схема контроля

- 1- контролируемая деталь;
- 2- плоскопараллельная пластина;
- 3- показывающий прибор;
- 4- измерительные прокладки;



- 1- лекальная линейка;
- 2- контролируемая плоскость;

Рисунок 2.3.8

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение методов реализации прилегающих плоскостей и методики выполнения измерений отклонений плоскостей детали от параллельности.

ЗАДАЧИ:

1. Провести анализ требований к точности контролируемой детали, выбрать методы и средства приемочного контроля детали по заданным параметрам.

2. Измерить отклонения от параллельности и зафиксировать результаты с учетом погрешностей измерений.

3. Дать заключение о годности детали по контролируемому параметру.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: ступенчатая деталь с несколькими плоскими поверхностями, параллельными основанию.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.

Накладные приборы: штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный, скоба индикаторная, скоба рычажная.

Станковые приборы: стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой или пружинной головкой.

МЕРЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.

Набор плоскопараллельных концевых мер длины, линейка лекальная, плита поверочная, линейка измерительная.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Используется метод непосредственной оценки отклонения от параллельности рабочей поверхности поверочной плиты, на которую деталь устанавливается базовой поверхностью.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.

При использовании плоскопараллельной пластины *за отклонение от параллельности* принимают *наибольшую алгебраическую разность ординат двух крайних точек*; при реализации прилегающей плоскости последовательными наложениями лекальной линейки – разность крайних ординат в том сечении, где она оказалась.

Если контроль ординат реализует непосредственно на реальной поверхности, в результаты измерений включают отклонения от параллельности и от плоскостности. Для исключения отклонений от плоскостности здесь необходимо графически или аналитически построить прилегающую плоскость и оценить отклонение ее от заданного расположения.

Результаты измерений можно представить в виде таблиц (таблицы 2.3.3 и 2.3.4) с указанием значений погрешности измерений ординат.

Таблица 2.3.3

Значение ординаты, мкм					
	А	В	С	Д	Е
Плоскость №1					
Плоскость №2					

Таблица 2.3.4

Разность ординат, мкм						
	А-В	В-С	С-Д	Д-А	А-Е-С	В-Е-Д
Плоскость №1						
Плоскость №2						

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.
2. Выбрать предварительную методику выполнения измерений (МВИ) размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных сечений и др.).
3. Оценить погрешности измерений.
4. Выполнить измерения отклонений от параллельности для каждой контролируемой поверхности. При необходимости уточнить МВИ.
5. Результаты измерений представить в табличной форме.
6. Выполнить анализ результатов измерений. Сравнить измеренные отклонения от параллельности с допустимыми. Дать заключение о годности детали по контролируемому параметру.
7. Оформить отчет о лабораторной работе.

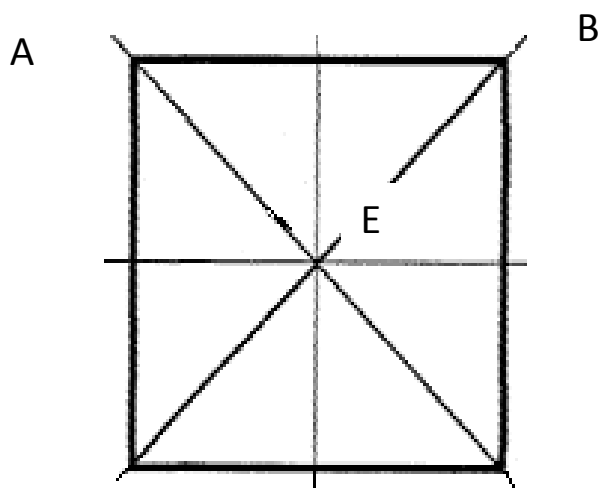
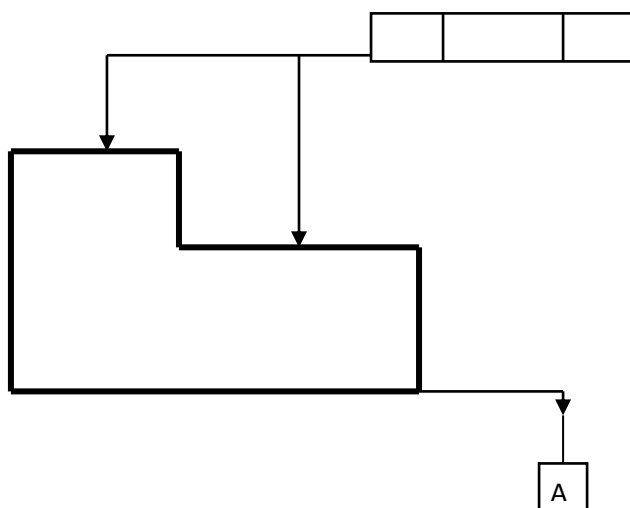


Схема измерения



Лабораторная работа № 2.4

КОНТРОЛЬ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦЕВОГО БИЕНИЙ

Основные термины и определения

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Профиль – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

Нормируемый участок (L) – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения.

База – элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задаётся допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

Отклонение формы (EF) – отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

Допуском формы (TF) – наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Отклонение расположения (EP) – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

Допуском расположения (TP) – предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

Суммарное отклонение формы и расположения (ES) – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно баз.

Поле суммарного допуска формы и расположения (TS) – область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка. Это поле имеет заданное номинальное положение относительно баз.

Виды допусков и их обозначение приведены в таблице 2.4.1.
Таблица 2.4.1 – Виды отклонений формы и расположения поверхностей

№	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Обозначение на чертеже	
1	Отклонения формы	Отклонение от прямолинейности <i>EFL</i>	
2		Отклонение от плоскостности <i>EFE</i>	
3		Отклонение от круглости <i>EFK</i>	
4		Отклонение профиля продольного сечения <i>EFP</i>	
5		Отклонение от цилиндричности <i>EFZ</i>	
1	Отклонения расположения	Отклонение от параллельности <i>EPA</i>	
2		Отклонение от перпендикулярности <i>EPR</i>	
3		Отклонение наклона <i>EPN</i>	
4		Отклонение от соосности	
5		Отклонение от симметричности	
6		Позиционное отклонение <i>EPP</i>	
7		Отклонение от пересечения осей <i>EPX</i>	
1	Суммарные отклонения формы и расположения	Радиальное биение <i>ECR</i>	
2		Торцевое биение <i>ECA</i>	
3		Биение в заданном направлении <i>ECD</i>	
4		Полное радиальное биение <i>ECTR</i>	
5		Полное торцевое биение <i>ECTA</i>	
6		Отклонение заданного профиля <i>ECL</i>	
7		Отклонение заданной поверхности <i>ECE</i>	

Суммарное отклонение формы и расположения - отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз.

Количественно суммарные отклонения формы и расположения оцениваются в соответствии с определениями, приведенными ниже по точкам реального рассматриваемого элемента относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

Суммарный допуск формы и расположения - предел ограничивающий допускаемое значение с отклонения формы и расположения.

Поле суммарного допуска формы и расположения - область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка.

1. Радиальное биение – результат совместного проявления отклонения круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси (рисунок 2.4.1).

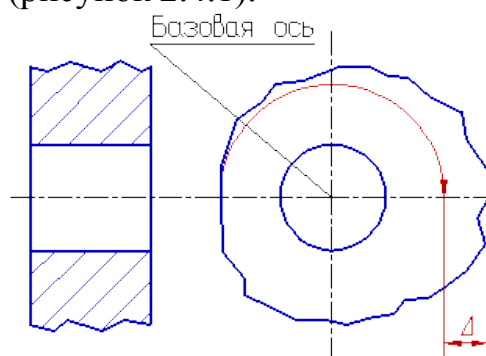


Рисунок 2.4.1 – Радиальное биение

Радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси. Оно не включает в себя отклонений формы и расположения образующей поверхности вращения.

Допуск радиального биения - наибольшее допускаемое значение радиального биения.

Поле допуска радиального биения - область на плоскости, перпендикулярной базовой оси, ограниченная двумя концентричными окружностями с центром, лежащим на базовой оси, и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску радиального биения T .

Торцовое биение - разность D наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности, до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рисунок 2.4.2).

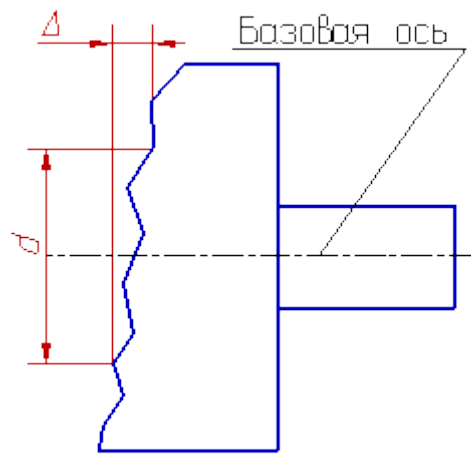


Рисунок 2.4.2 – Торцевое биение

Примечание. Торцевое биение определяется в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении любого (в том числе и наибольшего) диаметра торцевой поверхности.

При номинальной плоской форме торца торцевое биение является результатом совместного проявления отклонения от общей плоскости точек, лежащих на линии пересечения торцевой поверхности с секущим цилиндром, и отклонения от перпендикулярности торца относительно оси базовой поверхности на длине, равно диаметру рассматриваемого сечения. Торцевое биение не включает в себя всего отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности.

Допуск торцевого биения - наибольшее допускаемое значение торцевого биения.

Поле допуска торцевого биения - область на боковой поверхности цилиндра, диаметр которого равен заданному или любому (в том числе и наибольшему) диаметру торцевой поверхности, а ось совпадает с базовой осью, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску торцевого биения T , и перпендикулярными базовой оси.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение методов базирования детали и методики выполнения измерений радиального и торцевого биений.

ЗАДАЧИ:

1. Провести анализ требований к точности контролируемой детали, выбрать методы и средства приемочного контроля детали по заданным параметрам.
2. Измерить радиальное и торцевое биения заданных поверхностей и зафиксировать результаты.
3. Дать заключение о годности детали по каждому из контролируемых параметров.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: ступенчатый цилиндрический валик с двумя опорными шейками.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.

Станковые приборы: биениемер, стойка или штатив с индикатором часового или другой рычажно-зубчатой или пружинной головкой.

МЕРЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА: набор плоскопараллельных концевых мер длины (КМД); призмы измерительные (центра): упор с перемещающимся сферическим наконечником.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ.

Радиальное и торцевое биения измеряются **методом непосредственной оценки** в нормальном направлении (*по радиусу детали - радиальное биение, вдоль оси - торцевое*).

Биение определяется как разность максимального и минимального показаний прибора.

ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Воспроизведение оси базовой поверхности может осуществляться аппаратурно или аналитически. Аппаратурная реализация предполагает вращение базовой детали, закрепленной по базовой поверхности в самоцентрирующем патроне либо (если базой является общая ось двух поверхностей) вращение детали, установленной базовыми поверхностями на призмы. В случае если радиальное биение базовых поверхностей относительно оси центров детали пренебрежимо мало, в качестве измерительной базы можно использовать ось центров.

Аналитическая реализация оси базовой поверхности предусматривает не только использование тех же базирующих устройств, но и учет погрешностей или несовпадения конструкторских и измерительных баз.

При установке детали на две измерительные призмы, или в центрах, на плите, ось детали должна быть параллельна поверхности плиты. Это достигается установкой призмы на прокладках (в случае необходимости) и контролируется с помощью показывающего прибора (на штативе или стойке) по ординатам крайних образующих базовых или контролируемых поверхностей, которые для одной поверхности и для поверхности равных диаметров должны быть одинаковы. Один из торцов контролируемой детали должен упираться в жесткий упор через шарик в точке на оси вращения детали, чтобы исключить влияние биения этого торца на результат измерений.

Для контроля радиального биения поверхности измерительная головка устанавливается так, чтобы линия измерения совпадала с направлением радиуса контролируемой поверхности и настраивается на нуль по произвольной точке поверхности.

Записи подлежат модуль максимальной алгебраической разности показаний в каждом контролируемом сечении за полный оборот детали.

Число контролируемых сечений должно обеспечивать выявление наибольшего значения радиального биения.

Для контроля торцевого биения измерительная головка устанавливается так, чтобы линия измерения проходила параллельно оси базовой поверхности (поверхностей), а исследуемая точка находилась на предписанном радиусе. Если этот радиус не оговорен, то контроль ведут максимально близко к периферии поверхности, отступив от ее края настолько, чтобы фаски, «завалы» края и другие возможные дефекты не оказывали на результат существенного влияния. Настройка на **нуль** производится по произвольной точке поверхности, **искомое биение определяется как модуль алгебраической разности показаний за полный оборот детали.**

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.

Результаты измерений биений каждой поверхности могут быть представлены в виде таблицы (с указанием погрешностей измерений), общей или отдельных по видам биений.

Результаты измерений биений должны быть представлены в таблице 2.4.2.

Таблица 2.4.2

Параметр	Контролируемые поверхности						
	1	2	3	4	5	6	7
Биение, мкм							
Допустимое биение, мкм							

Таблица может быть дополнена текстом о заданном допуске радиального или торцевого биения, заключением о годности детали по отдельным параметрам и в целом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.
2. Выбрать предварительную методику выполнения измерений (МВИ) размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных сечений и др).
3. Оценить погрешности измерений.
4. Измерить параметры каждой контролируемой поверхности. При необходимости уточнить МВИ. Результаты измерений представить в табличной форме.

5. Выполнить анализ и сравнить результаты измерений с допустимыми значениями параметров. Дать заключение о годности детали по контролируемым параметрам.
6. Оформить отчет о лабораторной работе.

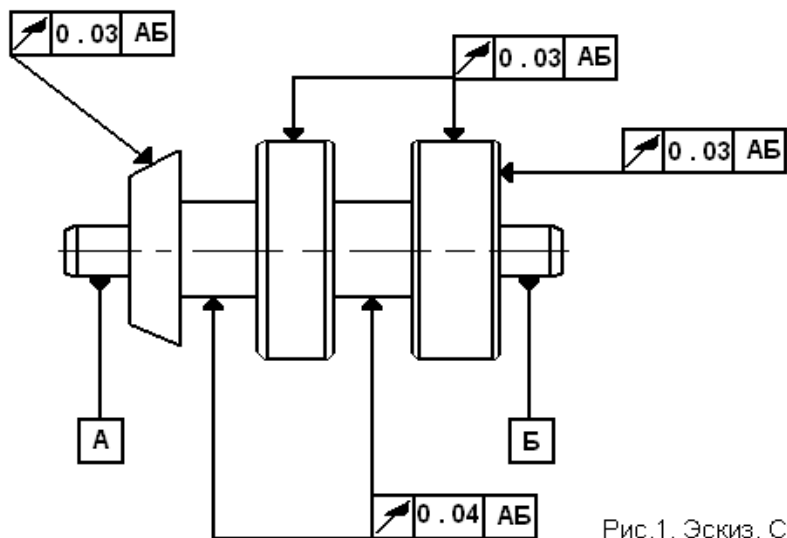


Рис.1. Эскиз. Ступенчатый вал

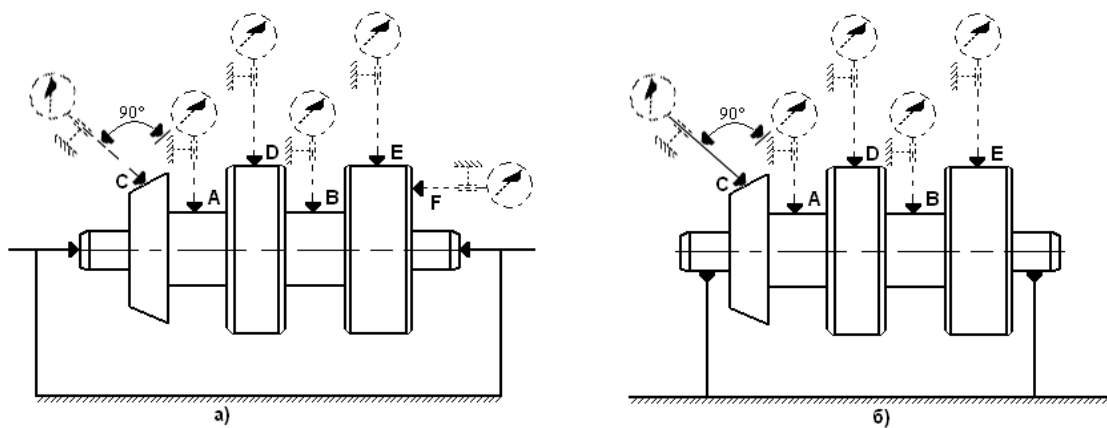


Рис. 2 (а,б). Схема контроля

Лабораторная работа № 3.1

КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННЕГО КОНУСА ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ С ПОМОЩЬЮ ШАРИКОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомление с косвенными измерениями углов и конусов.

ЗАДАЧИ:

1. По чертежу контролируемой детали проанализировать точностные требования к объекту измерения.

2. Измерить угол внутреннего конуса детали.

3. Дать заключение о годности по контролируемому параметру.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: деталь внутренней конической поверхностью, ось которой перпендикулярна к торцам.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.

НАКЛАДНЫЕ ПРИБОРЫ: глубиномер микрометрический, глубиномер индикаторный.

СТАНКОВЫЕ ПРИБОРЫ: стойка и штатив с широкодиапазонным измерительным преобразователем или прибором – длинномер вертикальный.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ.

Используется метод сравнения с мерой, при котором конус моделируется с помощью двух сечений измерительных мер (шариков), расположенных на определенном расстоянии.

ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ.

Аттестованные шарики последовательно закладываются в контролируемый конус 2, установленный вертикально торцом с меньшим диаметром внутреннего конуса на плите 1, и измеряют расстояние H и h от верхних точек шариков до одного из торцов детали. При использовании плоского измерительного наконечника экстремальное показание устанавливается автоматически, в других случаях его необходимо найти при относительном перемещении детали перпендикулярно к линии измерения, так как **искомой является разность ординат верхних точек шариков A** . Настройка на **нуль** может осуществляться по произвольной точке, например, нижнему или верхнему торцу конуса или по верхней точке одного из аттестованных шариков, заложенных в контролируемый конус. По окончании измерений необходимо проверить, сохранилась ли настройка на нуль.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.

Синус половины угла конуса при вершине:

$$\sin(a/2) = (R1-R2) / (A - (R1-R2)),$$

Где $R1, R2$ – радиусы соответственно большего и меньшего аттестованных шариков.

Результаты измерений сводятся в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.1

H, мм	h, мм	A=H-h, мм	R1, мм	R2, мм	SIN(a/2)	a/2

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1.Провести анализ требований к точности угла конуса, подлежащего контролю.

2.Выбрать предварительную методику выполнения измерений (МВИ) ординат точек аттестованных шариков (схему измерений, средства измерений, вспомогательные устройства, методы поиска экстремальных значений и т.д.).

3.Оценить погрешность измерений, выбрать МВИ, обеспечивающую требуемую точность.

4.Выполнить измерения параметров, входящих в расчетные зависимости, при необходимости уточнить МВИ, представить результаты измерений в табличной форме.

5.Выполнить анализ результатов измерений, сравнить их с допустимыми значениями параметров, дать заключение о годности детали по контролируемому параметру.

6.Оформить отчет о лабораторной работе.

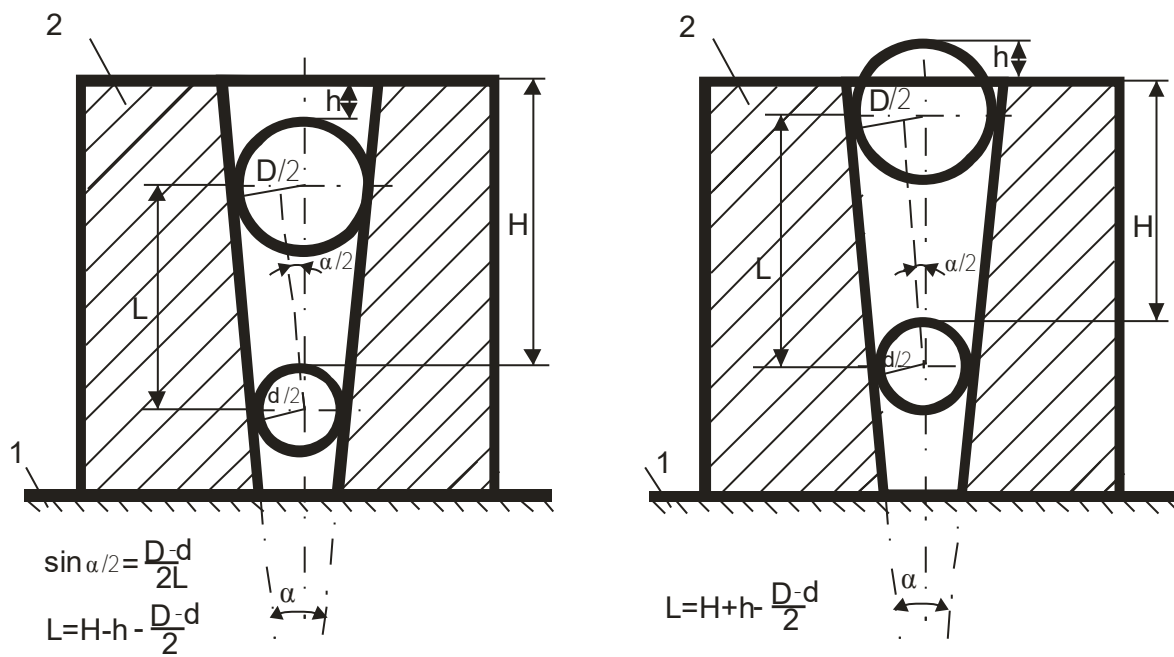


Рисунок 1.1 . Схемы контроля внутреннего конуса детали с помощью аттестованных шариков

1 - плита

2 - контролируемый конус

Лабораторная работа № 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Основные термины и определения

Реальная поверхность, ограничивающая деталь, в отличие от номинальной геометрически правильной и гладкой – имеет сложный рельеф, характеризующийся *микрogeометрией* и *макрogeометрией*.

К микрogeометрии реальной поверхности детали относят *шероховатость*. Термины, определения и значения параметров шероховатости поверхности установлены ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики».

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины.

Базовая линия – это линия заданной геометрической формы, определённым образом проведённая относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхностных неровностей.

Вид базовой линии зависит от вида поверхности элемента детали: она имеет форму линии номинального профиля и расположена эквидистантно этому профилю. В качестве базовой длины могут быть выбраны:

– *прямая*, если неровности определяются на плоской поверхности или на образующих цилиндрических поверхностях;

– *окружность*, если исследуемая поверхность имеет вид сферы или цилиндра, который пересекается плоскостью, перпендикулярной его оси.

Базовая длина (l) – это длина базовой линии (средней линии профиля), используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

Правило выбора базовой длины: чем неоднороднее поверхностные неровности и чем они больше, тем больше должна быть базовая длина для того, чтобы выбранная совокупность поверхностных неровностей характеризовала состояние поверхности.

На практике в качестве базовой линии при оценке поверхностных неровностей используется **средняя линия профиля**.

Средняя линия профиля (m) – это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведённая так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально.

Выступ профиля – часть реального профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела.

Линия выступов профиля – линия, эквидистантная средней линии, проходящей через наивысшую точку профиля в пределах базовой длины.

Впадина профиля – часть реального профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная в тело.

Линия впадин профиля – линия, эквидистантная средней линии, проходящей через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

Отклонение профиля (y) – расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

ГОСТ 2789-73 устанавливает две основные группы параметров шероховатости поверхности: *количественные* и *качественные*.

Стандартом установлено шесть количественных параметров шероховатости, которые можно разделить на две группы (Рисунок 4.1.1):

1 *высотные* (вертикальные) параметры: R_{max} , R_z , R_a ;

2 *шаговые* (горизонтальные) параметры: S_m , S , t_p .

Параметр t_p условно отнесен к шаговым параметрам. Более точно этот параметр характеризует поверхностные неровности по форме этих неровностей и задаётся в процентах.

Высотные параметры шероховатости нормируются в микрометрах, а шаговые параметры, кроме относительной опорной длины t_p , – в миллиметрах.

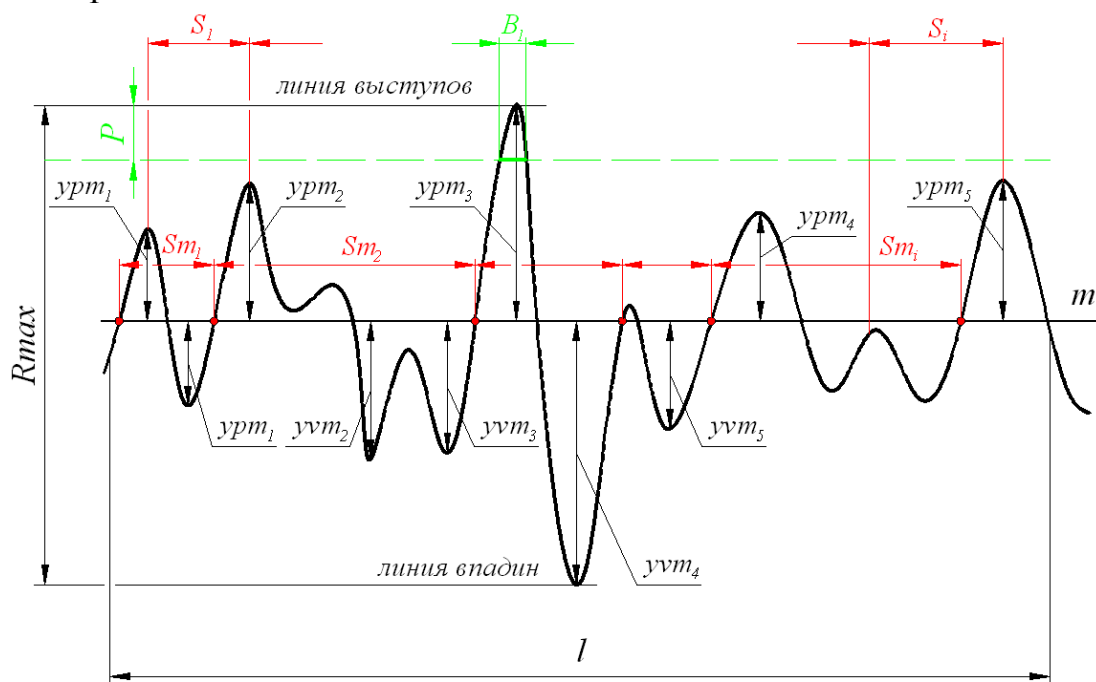


Рисунок 4.1.1 – Профилограмма

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y| dx \quad \text{или} \quad R_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|$$

где l – базовая длина, мм;

y – отклонение профиля, мм;

n – число выбранных точек профиля базовой длины.

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot \left(\sum_{i=1}^5 |y_{p m_i}| + \sum_{i=1}^5 |y_{v m_i}| \right),$$

где $y_{p m_i}$ – высота i -ого наибольшего выступа профиля, мкм;
 $y_{v m_i}$ – глубина i -ого наибольшей впадины профиля, мкм.

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля S_m – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{m_i},$$

где n – количество шагов S_m в пределах базовой длины.

Средний шаг местных выступов S – среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i,$$

где n – количество шагов S в пределах базовой длины.

Относительная опорная длина профиля t_p – отношение опорной длины профиля к базовой длине:

$$t_p = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^n B_i,$$

где n – количество шагов B_i в пределах базовой длины.

Уровень сечения профиля ρ – расстояние между линией выступов и профилем и линии, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

Значение уровня сечения профиля ρ нормируется в процентах от R_{max} выбираются из следующего ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %.

Значения относительно опорной длины профиля t_p также нормируются в процентах от базовой длины и выбираются из следующего ряда: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %. Приведенными процентами нормируют ту часть сечения, которая должна проходить через материал.

Качественными показателями оценки неровностей поверхности являются:

1. Вид обработки.

Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом.

2. Тип направления неровностей поверхности.

Направление неровностей поверхности – условный рисунок, образованный нормальными проекциям экстремальных точек неровностей поверхности на среднюю поверхность.

Направление неровностей поверхности выбирается из таблицы 4.1.1. Указывается только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

Нормируются не предельные значения неровностей, а значение *совокупности* поверхностных неровностей.

Таблица 4.1.1 – Значения базовых длин для различных групп неровностей

№	Тип направления неровностей	Схематическое изображение	Обозначение	Примечание
1	Параллельное направление			Направление параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
2	Перпендикулярное направление			Направление перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
3	Пересекающиеся направления			Направление в виде перекрещивания в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
4	Произвольное направление			Различное направление по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
5	Радиальное			Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
6	Кругообразное			Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
7	Точечное			Следы в виде отдельных точек

Цели и задачи работы

Цель работы: ознакомление с методикой определения значений параметров шероховатости поверхности.

Задачи:

10. Провести анализ требований к точности микрогеометрии контролируемой поверхности, выбрать методы их оценки.

11. Определить значения параметров шероховатости поверхности.

12. Дать заключение о годности детали по контролируемым параметрам.

Материальное обеспечение работы

Объект контроля: пластина с плоской контролируемой поверхностью, полученной чистовым строганием, фрезерованием или шлифованием.

Измеряемая величина: параметры шероховатости поверхности.

Средства измерений:

– станковые средства измерения: профилограф-профилометр.

Вспомогательные меры и устройства:

– образцы шероховатости.

Метод измерения

Используется метод *непосредственной оценки профиля* поверхности. Параметры шероховатости оцениваются по показывающему устройству прибора или измеряются *косвенно по профилограмме*.

Порядок выполнения работы

Деталь устанавливается на столике прибора и ориентируется так, чтобы угол наклона исследуемой поверхности к линии движения измерительного преобразователя был незначительным. Для этого осуществляют пробные проходы измерительного преобразователя с оценкой результата по шкале прибора без включения записывающего прибора. Базовую линию выбирают в соответствии с назначенными параметрами шероховатости, если ее значение не нормировано

После установки детали на столике прибора и выбора базовой длины измеряют параметры шероховатости и записывают профилограммы. Измерения повторяют на ряде участков, чтобы получить достаточное представление о контролируемой поверхности. Число и расположение трасс выбирают в зависимости от конфигурации и размеров поверхности, а также от разбросов получаемых результатов измерений. Направление измерений, если оно не оговорено. Должно обеспечивать выявление максимальных значений параметров шероховатости поверхности. Если на поверхности детали есть явно выраженные регулярные следы обработки, трасса измерения должна быть направлена перпендикулярно к ним.

2. На полученной профилограмме выбрать участок, равный базовой длине (l).

3. Провести среднюю линию профиля (m).

4. Рассчитать параметры шероховатости: R_{max} , R_z , R_a , S_m , S , t_p .

5. Дать заключение о годности.

Лабораторная работа № 5.1

КОНТРОЛЬ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомление с методами и средствами измерений параметров наружной резьбы.

ЗАДАЧИ:

1. По чертежу детали провести анализ требований к ее точности: определить методы и средства измерений контролируемых параметров.

2. Измерить заданные параметры наружной резьбы и зафиксировать результаты с учетом погрешностей измерений.

3. Дать заключение о годности детали по контролируемым параметрам.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: шпилька с наружной метрической резьбой.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

СТАНКОВЫЕ ПРИБОРЫ: микроскоп измерительный с принадлежностями.

МЕРЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА: набор плоскопараллельных концевых мер длины.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

При измерении диаметров резьб используют метод непосредственной оценки по отсчетному устройству микроскопа; угла наклона боковой стороны профиля - метод непосредственной оценки по угломерной головке микроскопа или метод сравнения с мерой по угломерной головке с использованием угла 30 на марке; шаг резьбы - метод непосредственной оценки по отсчетному устройству микроскопа или метод сравнения с мерой с использованием блока плоскопараллельных концевых мер длин

НАЗНАЧЕНИЕ

Микроскоп измерительный относится к оптико-механическим приборам и предназначен для измерения линейных размеров и углов.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Микроскоп имеет основание 1 (рисунок 5.1.1), на котором смонтированы стол 2 и колонка 3 с тубусом 4. Стол 2 может перемещаться относительно основания и двух взаимноперпендикулярных направлениях при помощи микровинтов 13 и 14. На стеблях микровинтов нанесена основная шкала, а на барабанах – дополнительная (нониус). По основной шкале отсчитываются целые миллиметров, нониус предназначен для отсчета долей миллиметра, цена деления нониуса – 0,005 мм. Стол может поворачиваться на некоторый угол винтом 15. Этот поворот необходим для регулирования положения измеряемого объекта. Колонка 3 может поворачиваться вокруг горизонтальной оси винтом 16, отклоняясь от вертикального положения вправо или влево на 10°. Угол наклона колонки отсчитывается по шкалам, которые нанесены на втулке винта 16. Цена

деления шкалы – 1° . Тубус 4 перемещается по колонке винтом 11 и фиксируется на ней в требуемом положении винтом 17.

В верхней части тубуса расположена сменная (универсальная) окулярная головка с двумя окулярами 10 и 19. Окуляр 10 служит для наблюдения контура измеряемой детали. В нижней части окулярной головки имеется стеклянный лимб, который может вращаться при помощи маховичка 18. Штриховая сетка лимба видна в окуляре 10.

Угол поворота сетки по отношению к оси микровинтов отсчитывается по угломерной шкале, наблюдаемой в окуляр 19 отсчетного микроскопа. Цена деления подвижной части угломерной шкалы - 1° , а нониуса – $1'$.

Угломерная шкала освещается при помощи зеркала 20. Измеряемый объект освещается осветителем 7, который имеет ирисовую диафрагму. Величина отверстия диафрагмы устанавливается поворотом кольца 8 (на рисунок 5.1.1 не видно).

НАСТРОЙКА

Вращением окуляра 10 добиться резкого изображения штриховой сетки в поле зрения окуляра.

Поворотом зеркала 20 осветить угломерную шкалу микроскопа и добиться резкого изображения шкалы путем вращения окуляра 19.

Вращением маховичка 18 установить в отсчетном микроскопе 19 показание $0^0 0'$.

Установить на столе рамку 6 с центрами, в которые закрепляется валик 22.

Шкалу поперечного микровинта 14 поставить в среднее положение (12,5 мм), открепить винт 17 и маховиком 11 произвести фокусировку на образующую контрольного валика. Закрепить винт 17. Перемещая рамку по столу совместить ось валика, т.е. край лезвия в окуляре так, чтобы перекрестие сетки совпало с серединой лезвия. После установки рамку 6 закрепить на столе винтами 24.

Вращая микровинты 13 и 14, проверить не нарушено ли совмещение оси валика (края лезвия) с горизонтальной или вертикальной линией окулярной сетки. Незначительное отклонение устранить вращением винта 15 и микровинтов 13 и 14.

Установить в центрах измеряемую деталь вместо контрольного валика (предварительно определив номинальный диаметр и шаг резьбовой детали).

ИЗМЕРЕНИЕ

Схема измерения параметров резьбы показана на рисунке 5.1.2.

Измерение наружного диаметра резьбы d .

Вращением микровинта 14 установить горизонтальную линию штриховой сетки в окуляре на вершине профиля резьбы (рисунок 5.1.3.). Произвести первый отсчет по шкале микровинта 14. Перемещая стол в поперечном направлении тем же микровинтом совместить вершины профиля противоположной стороны резьбы с этой же линией штриховой сетки. Произвести второй отсчет по шкале микровинта 14.

Величина наружного диаметра d резьбы определяется как разность между двумя отсчетами.

$$d = x_1 - x_6$$

Измерение внутреннего диаметра резьбы d_1 .

Порядок измерения аналогичен предыдущему, при измерении внутреннего диаметра горизонтальную штриховую линию следует совмещать с точками перехода закругленной резьбы в прямолинейные участки профиля (рисунок 5.1.3).

$$d_1 = x_3 - x_4$$

Измерение среднего диаметра d_2 .

Средний диаметр определяется как расстояние между параллельными боковыми сторонами профиля в любом сечении перпендикулярном оси резьбы (рисунок 5.1.3.).

При помощи микровинтов 13 и 14 установить перекрестие штриховой сетки примерно на середине стороны профиля резьбы. Произвести первый отсчет по шкалам микровинта 14. Перемещением стола с помощью микровинта 14 подвести под перекрестие диаметрально противоположную сторону профиля резьбы. Произвести второй отсчет по шкалам микровинта 14.

Средний диаметр резьбы определяется как разность между двумя отсчетами.

$$d_2 = x_2 - x_5$$

Для исключения ошибки измерения, возникающей вследствие погрешности установки оси резьбы, измерение среднего диаметра следует производить по правой и левой сторонами профиля резьбы. Действительный средний диаметр равен среднему арифметическому из d_2 лев. и d_2 прав.

Измерение накопленной ошибки шага ΔP .

Накопленная ошибка шага – это наибольшая ошибка шага на заданной длине свинчивания (в работе – 10 витков).

Для измерения накопленной ошибки шага ΔP необходимо совместить пунктирную линию штриховой сетки с боковой стороны профиля резьбы на втором-третьем витке левого конца резьбы, причем перекрестие должно быть расположено примерно на середине профиля (рисунок 5.1.4.а). Записать показание шкал продольного микровинта 13, собрать блок концевых мер, равный заданной длине свинчивания (10 шагов)

$$P_N = P N,$$

где P – номинальный шаг резьбы, мм;

N - число витков на проверяемом участке ($N= 10$);

P_N – размер блока концевых мер длины, мм.

Рукояткой 23 (рисунок 1.1.) отодвинуть стол влево. Установить блок плиток между столом и микровинтом 13. **Если $\Delta P = 0$, то пунктирная**

линия штриховой сетки совпадает со стороной профиля. Если совпадения нет, то его получают вращением микровинта 13, после чего производят второй отсчет по шкалам микровинта 13 (рисунок 5.1.4.б).

Разность показаний шкал дает накопленную погрешность шага на 10 витках.

Для устранения погрешности установки оси резьбы измерение необходимо произвести по правой и левой сторонам профиля и на противоположных концах диаметра ΔP подсчитывается как среднее арифметическое измерение отклонений.

$$\Delta P = (\Delta_N P_{(в.лев.)} + \Delta_N P_{(в.пр.)} + \Delta_N P_{(н.лев.)} + \Delta_N P_{(н.пр.)}) / 4.$$

Измерение половины угла профиля $\alpha/2$.

Половина угла профиля – это острый угол между боковой стороной профиля и перпендикуляром к оси резьбы (рисунок 5.1.5.). Перед измерением необходимо проверить правильность установки штриховой сетки в отсчетном микроскопе 19: показания шкалы должно быть $0^0 0'$.

Установить перекрестие штриховой сетки примерно на середине стороны профиля. Маховичком 18 (рисунок 5.1.1) повернуть вертикальную штриховую линию сетки до совмещения со стороной профиля. Записать отсчет по угломерной шкале микроскопа. Аналогично измеряется вторая половина угла профиля резьбы.

Действительный размер $\alpha/2_{прав.}$ и $\alpha/2_{лев.}$ находят как среднее арифметическое результатов измерений.

$$\alpha/2 = (\alpha/2_{прав.} + \alpha/2_{лев.}) / 2.$$

Погрешность половины угла профиля $\Delta\alpha/2$ определяется как разность между действительным и номинальным ($\alpha/2 = 30^0$) углами.

$$\Delta\alpha/2 = \alpha/2 - 30^0$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ГОДНОСТИ резьбы дается на основании сравнения наружного d , внутреннего d_1 , среднего d_2 и приведенного среднего $d_{2 прив.}$ диаметров с диаметрами, заданными стандартом (ГОСТ 24705 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры.»)

Величина приведенного среднего диаметра определяется по формуле:

$$d_{2 прив.} = d_{2 изм.} + (1,732 \Delta P + 0,36 P \Delta\alpha/2) \cdot 10^{-3}, \text{ где}$$

$d_{2 изм.}$ – в мм; $\Delta\alpha/2$ - в мин; ΔP – в мкм.

Построить схемы расположения полей допусков (ГОСТ 16093 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором») и дать заключение о годности резьбы.

Шпилька считается годной, если выполняется условия:

- по среднему диаметру – $d_{2 max} \geq d_{2 прив.}; d_{2 изм.} \geq d_{2 min};$

- по наружному диаметру – $d_{\min} \leq d_{\text{ИЗМ}} \leq d_{\max}$;
- по внутреннему диаметру – $d_{1\text{ИЗМ}} \leq d_{1\text{макс}}$.

Обозначение резьбы метрической см. таблицу 5.1.1

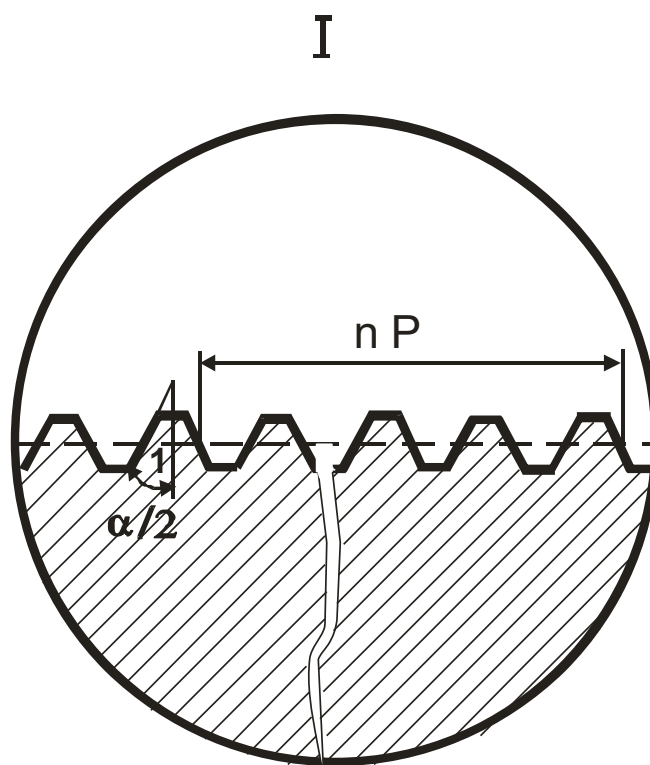
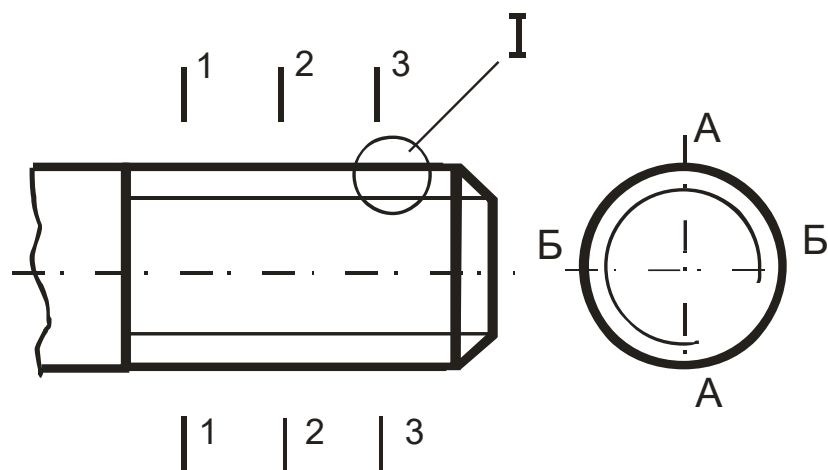


Рисунок 5.1.2

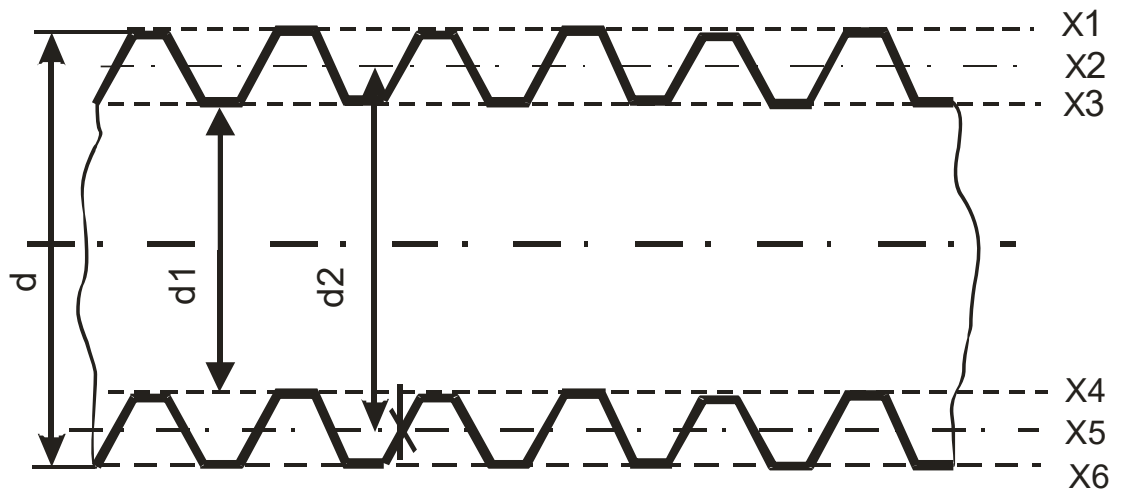


Рисунок 5.1.3

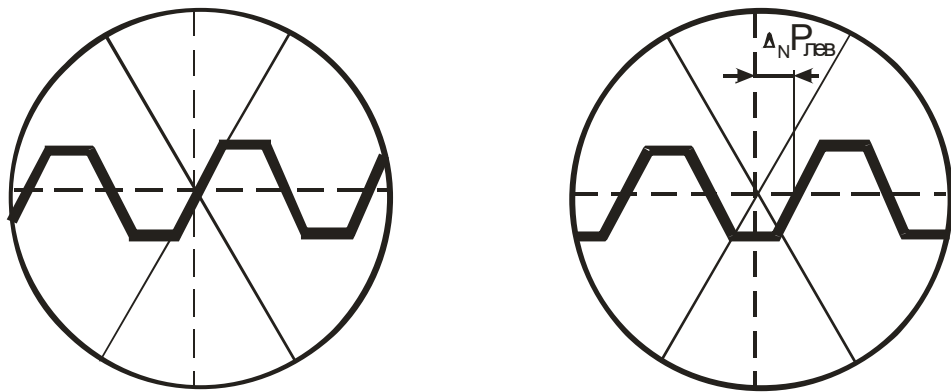


Рисунок 5.1.4

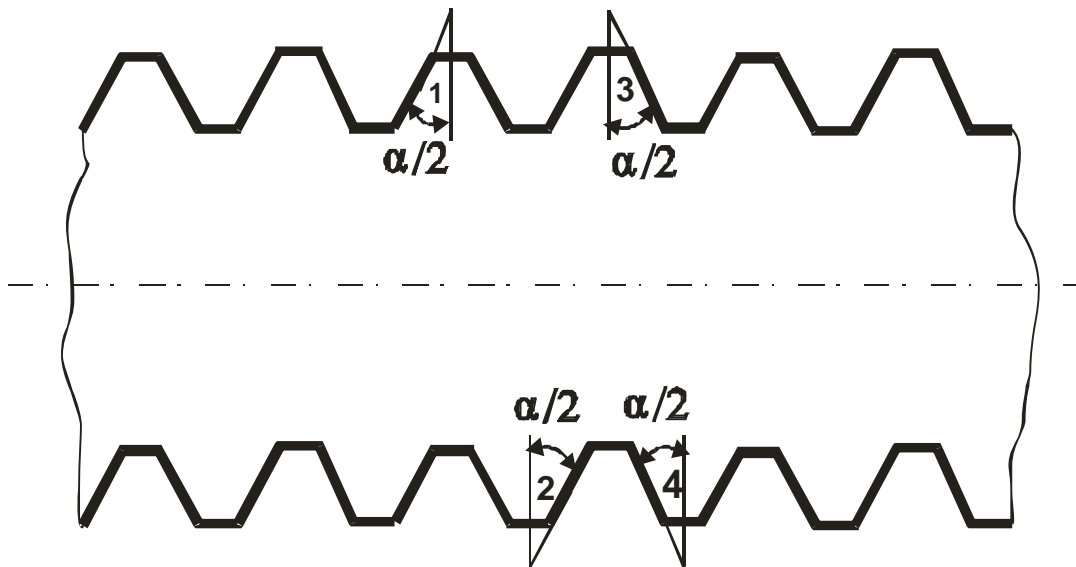


Рисунок 5.1.5

Таблица 5.1.1

Дет. № п/п	Обозначение резьбы метрической	Дет. № п/п
1	M24 – 7g6g – 40 (p=3)	1
2	M22 – 7g6g - 36 (p=2,5)	2
3	M20 – 7g6g - 36 (p=2,5)	3
4	M20 – 7g6g - 36 (p=2,5)	4
5	M18 – 7g6g - 36 (p=2,5)	5
6	M16 – 7g6g - 30 (p=2)	6
7	M16 – 7g6g - 30 (p=2)	7
8	M14 – 7g6g - 30 (p=2)	8
9	M14 – 7g6g - 30 (p=2)	9
10	M14 – 7g6g - 30 (p=2)	10
11	M18 – 7g6g - 30 (p=2,5)	11
12	M16 – 7g6g - 30 (p=2)	12
13	M12 – 7g6g - 25 (p=1,75)	13
14	M14 – 7g6g - 30 (p=2)	14
15	M12 – 7g6g - 25 (p=1,75)	15

Лабораторная работа № 6.1

КОНТРОЛЬ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить методы и средства контроля параметров, характеризующих кинематическую точность зубчатых колес.

ЗАДАЧИ:

Проанализировать требования к точности зубчатого колеса.

Измерить заданные параметры, характеризующие кинематическую точность зубчатого колеса.

Дать заключение о годности зубчатого колеса по каждому из контролируемых параметров.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: прямозубые цилиндрические колеса с модулями $m = 2...6$ мм, числом зубьев $Z = 12...40$, степенями точности 7...10, видами сопряжений и допусками бокового зазора – произвольными.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА:

Накладные приборы: накладной шагомер окружного шага Тип 1 ГОСТ 5368-68 и нормалемер индикаторный.

Станковые приборы: прибор для комплексного контроля зубчатых колес (межцентромер - КПД-300)

МЕРЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА: набор плоскопараллельных концевых мер длины и набор принадлежностей к ним; колеса измерительные; поверочная плита; струбцина.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. Метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По рабочему чертежу зубчатого колеса, подлежащего контролю, проанализировать требования к точности зубчатого колеса по нормам кинематической точности, плавности работы, полноты контакта зубьев в зацеплении, а также вид сопряжения (боковой зазор) оговорены в таблице параметров на рабочем чертеже зубчатого колеса.

Исходя из степени точности зубчатого колеса по нормам кинематической точности определить показатели (параметры) точности или комплексы показателей (параметров) точности, учитывающие радиальную и тангенциальную составляющие кинематической погрешности, которые можно включить в контрольный комплекс зубчатого колеса данной степени точности по нормам кинематической точности (ГОСТ 1643-81, табл.2, стр.5)

В зависимости от того, какой из показателей (параметров) зубчатого колеса регламентирован на рабочем чертеже (в таблице параметров) и, ориентируясь на наличные средства измерения и их возможности выбрать прибор для контроля зубчатого колеса по нормам кинематической точности.

Измерить параметр характеризующий кинематическую точность зубчатого колеса.

Дать заключение о годности зубчатого колеса по нормам кинематической точности.

Оформить отчет о лабораторной работе.

Шагомер окружного шага (накладной шагомер Тип 1 ГОСТ 5368-68) предназначен для измерения равномерности окружного шага P_t , т.е. расстояния между одноименными боковыми профилями двух соседних зубьев, измеренного по делительной окружности или окружности ей концентричной (рис.1.5) и позволяет определять:

- Накопленную погрешность шага (F_{pr}) или накопленную погрешность k шагов (F_{pkr}) - показатель, входящий в нормы кинематической точности зубчатого колеса;
- Отклонение шага (f_{ptr}) – показатель, входящий в нормы плавности работы зубчатого колеса.

Устройство и принцип работы

Шагомер относится к классу накладных приборов и состоит из корпуса 1 (рис.1), на котором с помощью стопорных винтов 2 крепятся опорные передние ножки 3 и установлена задняя ножка 4. Прибор имеет два измерительных наконечника 5 и 6, один из которых подвижный 5 (установлен на плоско-пружинной подвески), а второй – неподвижный, переставной 6. В качестве отсчетного устройства в корпусе 1 шагомера установлен индикатор 7 часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм, но так как перемещение измерительного наконечника 5 передается индикатору посредством рычага соотношением плеч 2 к 1, то в качестве цены деления индикатора следует принимать значение 0,005 мм. Для установки неподвижного переставного наконечника 1 (рисунок 2) на необходимый модуль зубчатого колеса на нем нанесена риска 2, которая при установке совмещается с соответствующим делением шкалы корпуса 3. Шагомер может применяться как накладной прибор, базируемый по вершинам зубьев (окружности выступов) с упором по торцу (рисунок 3) с помощью передней и задней опорных ножек на плите (рисунок 4), с базированием на три опорные штифта задней стенки корпуса, причем, применение шагомера на плите является предпочтительным, так как дает более стабильные результаты.

Настройка

При настройке шагомера для измерения параметров зубчатого колеса на плите необходимо снять заднюю опорную ножку прибора и закрепить его на плите с помощью струбины (исходное состояние), затем, отвернув винт 4 (рис.2), расстопаривают переставной измерительный наконечник 1 и передвигают его до совпадения нанесенной на нем риски 2 и с делением неподвижной шкалы 3 на корпусе, соответствующим модулю контролируемого колеса. Вращая винт 4 в обратную сторону, стопорят в этом положении переставной измерительный наконечник, после этого поддерживая пальцем передвигной наконечник 5 (рис.1) в среднем положении своего хода, освобождают с помощью стопорного винта 8

индикатор 7 и перемещают его вверх-вниз вдоль оси до момента пока маленькая стрелка не станет в начале второго оборота (между цифрами 2 и 3 маленькой шкалы). Установка индикатора с таким первоначальным натягом необходима для того, чтобы в процессе измерений можно было фиксировать как положительные и отрицательные отклонения шага зубчатого колеса.

Застопорив индикатор, на плиту устанавливают контролируемое зубчатое колесо таким образом, чтобы при отклонении опорных ножек 3 подвижный 5 и неподвижный 6 измерительные наконечники прибора касались боковых профилей зубьев приблизительно на делительной окружности (в зоне делительной окружности). Это положение зубчатого колеса фиксируют с помощью двух передних опорных ножек 3, установив их таким образом, чтобы они своими широкими закругленными концами (без шариков) упирались в вершины соседних зубьев и были направлены в ту же сторону, что и измерительные наконечники прибора (рис.4). Застопорив их в этом положении с помощью двух стопорных винтов, индикатор часового типа устанавливают на нуль, поворачивая ободок шкалы. Такое положение опорных ножек обеспечивает базирование шагомера при измерении по окружности вершин зубьев, т.е. в качестве измерительной базы выступает окружность вершин контролируемого колеса.

Измерение

Убедившись в стабильности настройки (несколько раз, устанавливая шагомер на одну и ту же настроенную пару зубьев), приступают к измерениям, последовательно поворачивая контролируемое колесо и, переставляя шагомер с одной пары зубьев колеса на другую в пределах всего зубчатого венца. При этом каждый раз фиксируют показания индикатора часового типа, которые будут представлять нечто иное как разность шагов конкретной пары зубьев и той пары, по которой настраивали прибор на нуль (V_{ptr}). Для определения отклонений окружных шагов контролируемого колеса (f_{ptr}) от теоретического (среднего) значения шага P_t следует из отдельных показателей прибора ($V_{ptr(i)}$) вычесть среднее арифметическое этого ряда показаний ($f_{ptr(ср.)}$).

Примечание: равенство среднего и теоретического значения равно нулю. Среднее арифметическое ряда показаний равно частному от деления алгебраической суммы ряда показаний на число измерений, т.е.,

$$f_{ptr(ср.)} = \Sigma V_{ptr(i)} / Z$$

Найденную величину алгебраически вычисляют последовательно из каждого показания прибора $V_{ptr(i)}$. В результате получают новый ряд отклонения шага от среднего (теоретического) его значения $f_{ptr(i)}$. Для определения накопленной погрешности шага F_{pr} в пределах всего зубчатого венца полученные отклонения шага на каждом зубе алгебраически суммируют, складывая каждые последующие значения отклонения со всеми предыдущими (с учетом знака), т.е. определяют последовательно суммы отклонений $\Sigma f_{ptr(i)}$ на каждом зубе, тогда алгебраическая сумма двух значений полученного ряда чисел наибольших по абсолютному значению, но

разных по знаку представляет собой накопленную погрешность окружного шага по зубчатому венцу F_{pr} , т.е.

$$F_{pr} = -\sum f_{ptr(i)} \max + +\sum f_{ptr(i)} \max$$

Если ставится задача определения годности зубчатого колеса по нормам кинематической точности, то обработка результатов измерения с целью нахождения значения накопленной погрешности шага можно существенно упростить, используя графический метод. Суть метода состоит в следующем: в декартовой системе координат по оси абсцисс ОХ последовательно откладывают шаги N зубчатого колеса (рис.5), затем от оси ОХ (у последнего зуба) откладывают суммарные значения показаний прибора $\sum V_{ptr(i)}$ с обратным знаком, полученная путем суммирования с учетом знака показаний прибора на всех предыдущих зубьях. В рассмотренном примере (рис.5) это значение равно +42 мкм.

Полученную ординату соединяют с началом координат и от этой вспомогательной оси ОХ1 откладывают последовательные суммы показаний прибора $\sum V_{ptr(i)}$, подсчитанные на каждом зубе. Полученный график будет характеризовать изменение накопленной погрешности шага по зубчатому венцу относительно оси ОХ, сумма наибольших отклонений ОУ вверх и вниз от вспомогательной оси ОХ в абсолютном выражении определяет накопленную погрешность шага F_{pr} (расстояние между (рис.5) равно 45 мкм).

Заключение о годности зубчатого колеса делается на основании сравнения полученных в результате измерения действительных значений параметров F_{pr} (F_{pkr}) f_{ptr} с предельно допустимыми по ГОСТ 1643-81, которые определяются по соответствующим нормам:

- **по нормам кинематической точности** должно выполняться условие:
 - $F_{pr}(F_{pkr}) \leq F_p (F_{pk})$; где F_p и F_{pk}
 - ***выбираются по таблице 7, стр. 14 по ГОСТ 1643-81***
 -
- **по нормам плавности работы** зубчатого колеса должно выполняться условие:
 - $f_{pt} \leq - \pm f_{ptr} \leq + f_{pt}$
 - ***выбираются по таблице 8, стр. 15-21 по ГОСТ 1643-81.***

Лабораторная работа № 6.2

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВНОСТИ РАБОТЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить методы и средства контроля параметров, указывающих плавность работы зубчатых колес.

ЗАДАЧИ:

Проанализировать требования к точности зубчатого колеса.

Измерить заданные параметры, характеризующие плавность работы зубчатого колеса.

Дать заключение о годности зубчатого колеса по каждому из контролируемых параметров.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: прямозубые цилиндрические колеса с модулями $m = 2..6$ мм, число зубьев $Z = 12..40$, степенями точности $7..10$, видами сопряжений и допусками бокового зазора – произвольными.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА:

Накладные приборы: шагомер окружного шага и универсальный шагомер, настроенный на измерение шага зацепления (вариант использования – шагомер основного шага).

Станковые приборы: прибор для комплексного контроля зубчатых колес (межцентромер).

МЕРЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА: набор плоскопараллельных концевых мер длины и набор принадлежностей к ним; колеса измерительные; поверочная плита; струбцина.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. Метод непосредственной оценки, метод сравнения с мерой.

Прибор для комплексного двухпрофильного контроля зубчатых колес типа КПД-300 (межцентромер). Контроль измерительного межосевого расстояния (F_{ir}'' , f_{ir}'' , $+E_{d's}$, $-E_{d'i}$).

Прибор предназначен для комплексного контроля зубчатых колес методом обкатывания по измерительному колесу в двухпрофильном зацеплении и позволяет определить:

- колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса (F_{ir}'') - показатель, входящий в нормы кинематической точности колеса;
- колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе (f_{ir}'') – показатель, входящий в нормы плавности работы колеса;
- предельное отклонение измерительного межосевого расстояния (верхнее - $+E_{d's}$ и нижнее - $-E_{d'i}$) – показатель нормы бокового зазора зубчатого колеса.

Устройство и принцип работы

Межцентромер относится к станковым приборам и состоит из станины 12 (рис.1в), на которой установлены суппорты 3 и 6, имеющие в верхней части конусные отверстия для оправок 13 и 14, на которые устанавливаются измерительное 1 и контролируемое 2 зубчатые колеса одного модуля. Суппорт 6 может перемещаться по направляющим станины при вращении маховика 9 ходового винта. Стопорение суппорта 6 в требуемом положении осуществляется поворотом рукоятки 10. Суппорт 3 имеет ограниченное перемещение (около 4 мм) по направляющим. Он установлен на шариковых направляющих и под воздействием пружины 4 (рис.1а) постоянно прижимает к суппорту 6. При повороте рукоятки 11 (рис. 1в), связанной с кулачком, суппорт 3 может быть отведен от суппорта 6 (при этом пружина, воздействующая на суппорт, дополнительно сожмется). При повороте рукоятки 11 в противоположном направлении суппорт 3 под воздействием пружины будет перемещаться в направлении суппорта 6 до тех пор, пока колеса не войдут в плотное двухпрофильное зацепление.

Расстояние между осями оправок определяют по масштабной линейке 7 с нониусом 8. Перемещение суппорта 3 фиксируется измерительной головкой или индикатором 5 часового типа.

При измерении параметров зубчатых колес на межцентромере контролируемое колесо 2 (рисунк 1а) водят в зацепление с измерительным колесом 1, устанавливаемым на плавающий суппорт 3, который прижимает контролируемое колесо к контрольному зубчатому колесу с помощью пружины 4. Таким образом, обеспечивается плотное двухпрофильное зацепление колес при измерении. При проворачивании зубчатых колес друг относительно друга измерительное межосевое расстояние a измеряется, а перемещение плавающего суппорта 3 при этом фиксируется рычажно-зубчатой измерительной головкой или индикатором 5 часового типа. Причинами, вызывающими колебание межосевого расстояния, являются:

- радиальное биение зубчатого венца F_{rr} ;
- отклонение шага зацепления f_{pbr} ;
- погрешность профиля зуба f_{rr} .

Настройка

Для настройки межцентромера необходимо определить значение номинального измерительного межосевого расстояния a . Номинальное измерительное межосевое расстояние a определяется в соответствии с ГОСТ 16532-80 по формуле

$$a = \frac{m \cdot (z_1 + z_n) \cdot \cos \alpha_g}{2 \cdot \cos \alpha_n},$$

m – модуль,

z_n - число зубьев измерительного колеса,

\bar{Z} - число зубьев контролируемого колеса,

α_g - угол зацепления при обработке или профильный угол исходного контура рейки,

α_n - угол зацепления при двухпрофильном контроле.

Угол зацепления α_n , в свою очередь, определяется на основании следующей зависимости:

$$INV\alpha_n = \frac{2 \cdot \chi_\Sigma \cdot \operatorname{tg}\alpha_g}{Z + Z_n} + INV\alpha_g,$$

Где χ – сумма коэффициентов смещения исходного контура для контролируемого колеса χ_k и измерительного колеса χ_n с учетом наименьшего дополнительного смещения исходного контура контролируемого колеса E_{HSk} по ГОСТ 1643-81 и действительного значения смещения исходного колеса E_{HSn} избирательного колеса, которое по ГОСТ 6512-74 должно маркироваться на торце измерительного колеса, т.е. $\chi_\Sigma = \chi_n + \chi_k + \frac{E_{HSn}}{m} + \frac{E_{HSk}}{m}$. При определении суммарного коэффициента смещения исходного контура χ учитывается знак каждого слагаемого.

Примечание:

для заданного зубчатого колеса, подлежащего контролю, с модулем $m = 5$, число зубьев $Z = 27$, видом сопряжения - с и при $\chi_n = \chi_k = E_{HSn} = 0$, номинальное измерительное межосевое расстояние $a = 141,992$ мм.

для контроля измерительного межосевого расстояния суппорт 6 (рис. 1в) по линейке 7 с нониусом 8 устанавливают межосевое расстояние a , при этом освобождают предварительно суппорт с помощью рукоятки 10. После установки суппорта в требуемом положении его закрепляют снова, повернув рукоятку 10 в обратную сторону. На обе оправки помещают измерительное 1 и контролируемое 2 зубчатые колеса. Суппорт 3 с помощью рукоятки 11 устанавливают так, чтобы в процессе измерения он имел возвратно-поступательное движение. Для этого рукоятку 11 следует повернуть в положение, при котором имеющаяся на ней риска будет находиться в крайнем положении. Измерительной головкой 5 сообщают натяг (маленькая стрелка должна находиться в начале второго оборота). Закрепив измерительную головку и повернув рукоятку 11 вправо (по часовой стрелке), освобождают суппорт 3, который обеспечивает плотное зацепление измерительного и контролируемого колес. Измерительную головку 5 устанавливают на нулевую отметку.

для зубчатых колес, имеющих шестую степень точности и точнее, установку измерительного межосевого расстояния на приборе рекомендуется производить по концевым мерам длины. Принцип настройки аналогичен вышеизложенному.

Измерение

Перед началом измерений необходимо пометить первый зуб контролируемого колеса. Затем, поворачивая контролируемое колесо, обкатывают его относительно измерительного колеса и регистрируют показания измерительной головки на каждом зубе за полный оборот контролируемого колеса. По результатам измерений строят график (рис. 1б), из которого определяют наибольшее колебание межосевого расстояния на одном зубе f_{ir}'' ; колебание измерительного межосевого расстояния за полный оборот зубчатого колеса F_{ir}'' , а также верхнее - $+E_{d's}$ и нижнее - $-E_{d'i}$ предельные отклонения измерительного межосевого расстояния.

Если при контроле зубчатого колеса ставится задача определить годность только по параметрам f_{ir}'' и F_{ir}'' , то для их измерения установка номинального измерительного расстояния на приборе не является обязательной.

Для измерения этих параметров контролируемого колеса вводят в плотное двухпрофильное зацепление с измерительным колесом и, поворачивая контролируемое колесо и обкатывая его относительно измерительного колеса, фиксируют разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при повороте контролируемого колеса на полный оборот (F_{ir}'') или соответственно на один угловой шаг (зуб) (f_{ir}'').

Для определения годности зубчатого колеса полученные действительные значения параметров f_{ir}'' , F_{ir}'' , $+E_{d's}$, $-E_{d'i}$ сравниваются с допускаемыми по ГОСТ 1643-81:

1. по нормам кинематической точности (F_{ir}'') – таблица 6, стр.9 – 12, ГОСТ 1643-81;
2. по нормам плавности работы (f_{ir}'') – таблица 8, стр. 15 – 21, ГОСТ 1643-81.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В зависимости от того, какой из показателей (параметров) зубчатого колеса регламентирован на рабочем чертеже (в таблице параметров) и, ориентируясь, наличные средства измерений и их возможности (см. инструкцию) выбрать прибор для контроля зубчатого колеса по нормам кинематической точности.

Измерить параметр, характеризующий нормы кинематической точности зубчатого колеса (в соответствии с методикой, изложенной в приложении к инструкции).

определить предельно-допустимые значения измеренного параметра по ГОСТ 1643-81 (см. инструкцию).

Дать заключение о годности зубчатого колеса по нормам кинематической точности.

Оформить отчет о лабораторной работе.

Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной подготовки студентов к лабораторным работам

1. Виды взаимозаменяемости.
2. Дать определения к терминам: «допуск», «поле допуска», «размер», «номинальный размер», «действительный размер», «предельные размеры», «отклонение», «основное отклонение», «посадка».
3. Единые принципы построения систем допусков и посадок.
4. Обозначение требований к точности размеров на чертежах.
5. Дать определения к терминам: «основной вал», «основное отверстие», «посадки в системе вала», «посадки в системе отверстия».
6. Как определяется допускаемая погрешность измерения линейных размеров до 500 мм при приемочном контроле?
7. Какие основные метрологические характеристики средств измерений стандартизованы?
8. Калибры для контроля размеров гладких цилиндрических деталей.
Принцип конструирования калибров.
9. Какие допуски на изготовление калибров стандартизованы?
10. Как назначаются исполнительные размеры калибров?
11. Дать определения к терминам: «номинальная поверхность», «реальная поверхность», «прилегающий элемент», «отклонение формы», «допуск формы».
12. Какие допуски формы стандартизованы?
13. Обозначение допусков формы на чертежах.
14. Дать определения к терминам: «номинальное расположение поверхностей», «реальное расположение поверхностей», «базовый элемент», «отклонение расположения», «допуск расположения».
15. Какие допуски расположения стандартизованы?
16. Обозначение допусков расположения на чертежах.
17. Какие допуски расположения задаются в радиусном или диаметральном выражении?

18. Какие суммарные допуски формы и расположения поверхностей стандартизованы?
19. Обозначение суммарных допусков формы и расположения поверхностей на чертежах.
20. Как обозначается допуск на угол призматической детали или конуса?
21. Сколько степеней точности углов призматических деталей и конусов стандартизовано?
22. Обозначение требований к точности угловых размеров на чертежах?
23. Методы и средства контроля углов призматических деталей и конусов?
24. Дать определения к терминам: «шероховатость поверхности», «базовая длина», «средняя линия профиля», «неровность профиля».
25. Какие параметры шероховатости поверхности стандартизованы?
26. Какие условные знаки для обозначения шероховатости поверхности стандартизованы?
27. Обозначение шероховатости поверхности на чертежах.
28. Какие классы точности подшипников качения стандартизованы?
29. Типы и обозначение подшипников качения.
30. Как обозначаются поля допусков колец подшипников качения?
31. Какие параметры призматической и сегментной шпонок стандартизованы?
32. Какие типы шпоночных соединений стандартизованы?
33. Как нормируются основные параметры призматической и сегментной шпонок?
34. Какие параметры шлицевых деталей стандартизованы?
35. Методы центрирования прямобочных шлицевых соединений.
36. Как нормируются основные параметры шлицевых деталей?
37. Обозначение требований к точности шлицевых деталей и соединений на чертежах.
38. Какие основные параметры метрической резьбовой детали стандартизованы?

39. Дать определения к терминам «наружный диаметр резьбы», «внутренний диаметр резьбы», «средний диаметр резьбы», «шаг резьбы», «угол профиля резьбы», «длина резьбы», «длина свинчиваемости».
40. Какие длины свинчивания резьбы стандартизованы?
41. Что такое «приведенный средний диаметр» резьбы (болта или гайки)?
42. Обозначение требований к точности резьбовых деталей и соединений на чертежах.
43. Методы контроля резьбовых деталей.
44. Средства измерений и контроля параметров резьбовых деталей.
45. Сколько степеней точности цилиндрических зубчатых колес и передач стандартизовано?
46. Какие нормы точности цилиндрических зубчатых колес и передач стандартизованы?
47. Обозначение требований к точности цилиндрических зубчатых колес и передач на чертежах.
48. Какие виды сопряжений цилиндрических зубчатых колес и передач стандартизованы?
49. Какие виды допусков бокового зазора цилиндрических зубчатых колес и передач стандартизованы?
50. Какие классы точности отклонений межосевого расстояния цилиндрических зубчатых колес и передач стандартизованы?
51. Что такое комплексные показатели точности зубчатых колес и передач?
52. Что такое элементарные показатели точности зубчатых колес и передач?
53. Как осуществляется выбор показателей контрольного комплекса зубчатых колес и передач?
54. Методы расчета размерных цепей.

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Материалы для выполнения курсового проекта (курсовой работы) по учебной дисциплине представлены учебно-методическим пособием в 2-х частях:

Нормирование точности и технические измерения. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие для студентов инженерно-технических специальностей. В 2 ч. Ч. 1 / Б.В. Цитович [и др.]; под ред. Б.В. Цитовича и П.С. Серенкова. – Минск: БНТУ, 2006. – 176 с. URI: <http://rep.bntu.by//handle/data/3650>

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с типовыми программами дисциплин «Стандартизация норм точности» и «Нормирование точности и технические измерения». В первой части рассмотрены основные разделы лекционного курса двух дисциплин с целью дальнейшего их использования при проведении практических занятий и выполнения курсового проекта или работы.

Методические рекомендации, приведенные в пособии, могут быть также использованы для самостоятельной работы студентов как дневного, так и заочного отделений высших учебных заведений.

Нормирование точности и технические измерения. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие для студентов инженерно-технических специальностей. В 2 ч. Ч. 2 / Б.В. Цитович [и др.]; под ред. Б.В. Цитовича и П.С. Серенкова. – Минск: БНТУ, 2006. – 66 с. URI: <http://rep.bntu.by//handle/data/3653>

Аннотация

Вторая часть содержит исходные данные и порядок выполнения курсового проекта (работы) или контрольной работы. Методические рекомендации, приведенные в пособии, могут быть также использованы для самостоятельной работы студентов как дневного, так и заочного отделений высших учебных заведений.

III. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Вопросы к экзамену (зачету) по дисциплине

«Нормирование точности и технические измерения»

1. Роль нормирования точности и контроля в обеспечении качества выпускаемой продукции.
2. Понятие о взаимозаменяемости изделий. Виды взаимозаменяемости.
3. Понятие о размере. Номинальный, действительный, предельные размеры.
4. Нормальные линейные размеры.
5. Понятие об отклонениях размеров. Действительное и предельные отклонения.
6. Допуск, поле допуска. Графическое изображение полей допусков.
7. Сущность понятия « посадка », виды посадок.
8. Расчёт посадок с зазором.
9. Расчёт посадок с натягом.
10. Расчёт переходных посадок.
11. Единая система допусков и посадок (ЕСДП) в машиностроении. Квалитеты, основные отклонения, допуски, поля допусков системы.
12. Общее и специальное правило образования основных отклонений отверстий.
13. Основной вал и основное отверстие. Образование посадок в системе основного вала и основного отверстия в ЕСДП.
14. Характеристика и применение рекомендуемых и предпочтительных полей допусков и посадок ЕСДП. Посадки с зазором.
15. Характеристика и применение рекомендуемых и предпочтительных полей допусков и посадок ЕСДП. Посадки с натягом.
16. Характеристика и применение рекомендуемых и предпочтительных полей допусков и посадок ЕСДП. Переходные посадки.
17. Поля допусков и посадки деталей из пластмасс.
18. Система общих допусков линейных и угловых размеров деталей.

19. Методы выбора полей допусков и посадок.
20. Калибры для контроля гладких цилиндрических поверхностей деталей.
21. Плоскопараллельные концевые меры длины. Назначение, наборы, нормируемые параметры, классы точности и разряды.
22. Выбор универсальных средств измерений размеров наружных поверхностей деталей.
23. Выбор универсальных средств измерений размеров внутренних поверхностей деталей.
24. Выбор универсальных средств измерений размеров глубин и высот уступов.
25. Нормирование и контроль отклонений формы и расположения поверхностей. Общие положения.
26. Нормирование и контроль отклонений формы номинально плоских поверхностей деталей.
27. Нормирование и контроль отклонений формы номинально цилиндрических элементов деталей.
28. Нормирование и контроль отклонений от параллельности элементов деталей.
29. Нормирование и контроль отклонений от перпендикулярности элементов деталей.
30. Нормирование и контроль отклонений от наклона элементов деталей.
31. Нормирование и контроль отклонений от симметричности элементов деталей.
32. Нормирование и контроль отклонений от соосности элементов деталей.
33. Нормирование и контроль отклонений от пересечения осей элементов деталей.

34. Нормирование и контроль позиционных отклонений элементов деталей.

35. Нормирование и контроль суммарных отклонений формы и расположения поверхностей деталей.

36. Выбор универсальных средств измерений для контроля радиального и торцевого биений поверхностей деталей.

37. Зависимые и независимые допуски расположения элементов деталей.

38. Согласование числовых значений допусков размеров, формы и расположения поверхностей. Уровни относительной геометрической точности.

39. Способы указания числовых значений допусков расположения на чертежах.

40. Система общих допусков формы и расположения элементов деталей.

41. Нормирование и контроль параметров шероховатости поверхностей деталей.

42. Обозначение параметров шероховатости поверхностей деталей на чертежах.

43. Подшипники качения. Допуски и посадки.

44. Подшипники качения. Выбор посадок подшипников качения на вал и в корпус.

45. Подшипники качения. Назначение требований к точности геометрических параметров элементов деталей (валов и корпусов), сопрягаемых с подшипниками качения.

46. Нормирование точности и контроль угловых размеров элементов деталей.

47. Допуски и посадки конических элементов деталей.

48. Шпоночные соединения. Допуски и посадки.

49. Допуски и посадки прямобочных шлицевых соединений.

50. Допуски и посадки эвольвентных шлицевых соединений.

51. Нормирование точности и контроль параметров резьбовых соединений. Параметры, определяющие резьбовое соединение. Основное условие взаимозаменяемости резьбовых соединений. Понятие о диаметральных компенсациях погрешности шага и половины угла профиля.

52. Нормирование точности и контроль параметров резьбовых соединений. Посадки с зазором.

53. Нормирование точности и контроль параметров резьбовых соединений. Посадки с натягом.

54. Нормирование точности и контроль параметров резьбовых соединений. Переходные посадки.

55. Нормирование точности и контроль параметров зубчатых колёс и передач.

56. Контроль параметров зубчатых колёс и передач по нормам кинематической точности.

57. Контроль параметров зубчатых колёс и передач по нормам плавности работы.

58. Контроль параметров зубчатых колёс и передач по нормам полноты контакта зубьев в зацеплении.

59. Контроль параметров зубчатых колёс и передач по нормам бокового зазора.

60. Размерные цепи. Методы расчёта размерных цепей.

IV. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Министерство образования Республики Беларусь

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра
образования
Республики Беларусь

_____ А.И. Жук

Регистрационный № ТД-_____ /тип.

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Типовая учебная программа для высших учебных заведений

по группам специальностей:

36 01 Машиностроительное оборудование и технологии (кроме специальности 1-36 01 08);
36 10 Геологоразведка и горнодобывающее производство; 36 13 Торфяное производство;
37 01 Автомобили, тракторы, электрифицированный наземный городской транспорт
(кроме специальности 1-37 01 08); 42 01 Metallургия;

по специальностям:

1-36 02 01 Машины и технология литейного производства;
1-36 20 03 Торговое оборудование и технологии;
1-36 20 04 Вакуумная и компрессорная техника;
1-52 04 01 Производство экспозиционно-рекламных объектов;

по направлениям специальностей:

1-08 01 01-01 Профессиональное обучение (машиностроение);
1-08 01 01-09 Профессиональное обучение (автомобильный транспорт);
1-36 11 01-01 Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование
(производство и эксплуатация);
1-36 11 01-02 Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование
(управление производством);
1-53 01 01-01 Автоматизация технологических процессов и производств
(машиностроение и приборостроение)

СОГЛАСОВАНО

Ректор Белорусского национального
технического университета, член президиума
Координационного научно-методического
совета учебно-методических объединений
высших учебных заведений
Республики Беларусь по профилям,
направлениям и специальностям образования
_____ Б.М.Хрусталеv

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь
_____ Ю.И.Миксюк

Проректор по учебной и воспитательной
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский институт
высшей школы»

_____ В.И.Шупляк

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2010

СОСТАВИТЕЛИ:

Б.В.Цитович, профессор кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент;

В.Л.Соломахо, профессор кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор;

Л.В. Купреева, старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Основы научных исследований и проектирования» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (протокол № 6 от 07.12.2009 г.);

В.Л. Гуревич, директор Научно-производственного республиканского унитарного предприятия «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета (протокол № 7 от 24.11.2009 г.);

Научно-методической комиссией Белорусского национального технического университета (протокол № 6 от 12.01.2010 г.);

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по профессионально-техническому обучению (протокол № 4 от 28.12.2009 г.).

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области машиностроительного оборудования и технологий (протокол № 7 от 17.12.2009 г.);

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области транспорта и транспортной деятельности (протокол № 1 от 08.01.2010 г.);

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области металлургического оборудования и технологий (протокол № 6 от 12.01.2010 г.);

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области горнодобывающей промышленности (протокол № 3 от 25.01.2010 г.);

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области автоматизации технологических процессов, производств и управления (протокол № 42 от 20.01.2010 г.)

Ответственный за редакцию: Л.В.Купреева

Ответственный за выпуск: И.С.Габец

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа «Нормирование точности и технические измерения» разработана в соответствии с образовательными стандартами вышеуказанных специальностей.

Целью освоения дисциплины является изучение методов обеспечения взаимозаменяемости изделия на этапах его жизненного цикла; основ выбора требований к точности параметров и сущности стандартизации данных требований.

Задачами изучения дисциплины являются изучение принципов построения нормативных документов по стандартизации и технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, регламентирующих нормы точности параметров; систем стандартов, относящихся к нормированию точности параметров и обозначения стандартных требований к точности параметров и контроля их соблюдения.

Изучение дисциплины взаимосвязано с изучением следующих дисциплин:

- «Математика» (математический анализ, теория вероятностей, математическая статистика);
- «Физика» (все разделы);
- «Прикладная механика» (передачи, трение, основы теории напряженного и деформированного состояния);
- «Детали машин» (соединения, передачи);
- «Инженерная графика» (Единая система конструкторской документации);
- «Материаловедение» (конструкционные материалы, их свойства).

В результате освоения дисциплины «Нормирование точности и технические измерения» студент должен:

знать:

- методы обеспечения взаимозаменяемости на этапах жизненного цикла изделия;
- основные принципы построения систем допусков и посадок;
- структуры базовых стандартов основных норм взаимозаменяемости, охватывающих системы допусков и посадок для типовых видов соединений деталей машин и приборов;
- методы выбора и назначения требований к точности параметров;
- теоретические основы измерительного контроля параметров;

уметь:

- пользоваться стандартами основных норм взаимозаменяемости;
- обозначать требования к точности параметров на чертежах, читать и расшифровать условные обозначения;
- осуществлять измерительный контроль параметров калибрами и основными универсальными средствами измерений;

– представлять результаты измерений с указанием погрешностей и неопределенности.

Методы (технологии) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

– элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

– элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических занятиях (или лабораторных работах) и при самостоятельной работе;

– коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, «мозговой штурм» и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях;

– проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсовой работы.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

– контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

– подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

Диагностика компетенций студента

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале. Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

– защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;

– защита выполненных лабораторных работ;

– защита курсовой работы;

– проведение текущих контрольных вопросов по отдельным темам;

– сдача экзамена по дисциплине.

Согласно типовым учебным планам на изучение дисциплины «Нормирование точности и технические измерения» отведено максимально 183 часа.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий по специальностям приведено ниже в таблице.

Шифр специальности	Аудиторные часы по видам занятий				
	лекции	практические занятия	лабораторные занятия	курсовое проектирование	всего
1-36 01 05 1-36 01 06 1-36 01 07 1-37 01 01 1-37 01 02 1-37 01 03 1-37 01 04 1-37 01 05 1-37 01 06 1-37 01 07	34	18	16	-	68
1-36 01 02 1-36 20 03 1-52 04 01	34	16	18	-	68
1-42 01 01 1-42 01 02	34	16	16	-	66
1-36 02 01	32	16	16	-	64
1-36 10 01 1-36 13 01	36	18	18	-	72
1-36 11 01-01 1-36 11 01-02	34	18	16	16	84
1-53 01 01-01	52	16	16	-	84
1-36 01 01 1-36 01 03 1-36 01 04	52	18	16	-	86
1-36 20 04	54	18	18	-	90
1-08 01 01-01	54	-	36	-	90
1-08 01 01-09	54	-	18	-	72

Примерный тематический план дисциплины

для групп специальностей: 36 01 «Машиностроительное оборудование и технологии (кроме специальностей 1-36 01 01, 1-36 01 03, 1-36 01 04, 1-36 01 08)»;

36 10 «Геологоразведка и горнодобывающее производство»;

36 13 «Торфяное производство»;

37 01 «Автомобили, тракторы, электрифицированный наземный городской транспорт (кроме специальности 1-37 01 08)»;

42 01 «Металлургия»;

для специальностей:

1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»;

1-36 20 03 «Торговое оборудование и технологии»;

1-52 04 01 «Производство экспозиционно-рекламных объектов»;

для направлений специальностей:

1-36 11 01-01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (производство и эксплуатация)»;

1-36 11 01-02 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (управление производством)»

Тематический план дисциплины рассчитан на 64 – 88 часов аудиторных занятий.

Наименование раздела, темы	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия (часы)	Всего аудиторных часов
1	2	3	4	5
Раздел I. Стандартизация и качество продукции				
Тема 1. Введение. Обеспечение качества изделий	1	-	-	1
Тема 2. Основные понятия. Нормирование и контроль точности параметров	2	-	-	2
Тема 3. Методы нормирования точности параметров	1	-	-	1
Тема 4. Стандартизация и взаимозаменяемость	2	-	-	2
Раздел II. Нормирование точности элементов деталей и их соединений				
Тема 5. Принципы построения систем допусков и посадок	2	2	-	4
Тема 6. Нормирование точности гладких цилиндрических поверхностей деталей и соединений	2	2	-	4
Тема 7. Нормирование точности формы и расположения поверхностей деталей	2	1 – 2	4	7 – 8
Тема 8. Общие допуски размеров, формы и расположения поверхностей деталей	1 – 2	-	-	1 – 2

1	2	3	4	5
Тема 9. Нормирование шероховатости и волнистости поверхностей деталей	2	1	2	5
Тема 10. Нормирование точности и посадки подшипников качения	2	2	-	4
Раздел III. Контроль элементов деталей				
Тема 11. Контроль гладких цилиндрических поверхностей универсальными средствами измерений	1	-	4	5
Тема 12. Контроль калибрами	1 – 2	2	-	3 – 4
Раздел IV. Нормирование точности углов призматических элементов деталей и конических поверхностей и соединений				
Тема 13. Нормирование точности углов призматических элементов деталей	1	-	2	3
Тема 14. Нормирование точности конических поверхностей и соединений	1 – 2	-	-	1 – 2
Раздел V. Нормирование точности и контроль поверхностей деталей и соединений специального назначения				
Тема 15. Нормирование точности штифтовых соединений	1 – 2	-	-	1 – 2
Тема 16. Нормирование точности шпоночных соединений	2	1 – 2	-	3 – 4
Тема 17. Нормирование точности шлицевых соединений	2	1	-	3
Тема 18. Нормирование точности резьбовых деталей и соединений	2	2	2	6
Тема 19. Нормирование точности зубчатых колес и передач	2	2	2 – 4	6 – 8
Раздел VI. Цепи размерные				
Тема 20. Расчеты размерных цепей	2	-	-	2
ИТОГО	32 – 36	16 – 18	16 – 18	64 – 72
Курсовое проектирование	-	-	-	16*
ВСЕГО				64 – 88
* Курсовое проектирование предусмотрено только для направлений специальностей: 1-36 11 01-01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (производство и эксплуатация)»; 1-36 11 01-02 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (управление производством)»				

Примерный тематический план дисциплины*для специальностей:*

1-36 01 01 «Технология машиностроения»;

1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»;

1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов»;

1-36 20 04 «Вакуумная и компрессорная техника»;

для направления специальности

1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение и приборостроение)»

Тематический план дисциплины рассчитан на 84 – 90 часов аудиторных занятий.

Наименование раздела, темы	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия (часы)	Всего аудиторных часов
1	2	3	4	5
Раздел I. Стандартизация и качество продукции				
Тема 1. Введение. Обеспечение качества изделий	2	-	-	2
Тема 2. Основные понятия. Нормирование и контроль точности параметров	2	-	-	2
Тема 3. Методы нормирования точности параметров	2	-	-	2
Тема 4. Стандартизация и взаимозаменяемость	2	-	-	2
Раздел II. Нормирование точности элементов деталей и их соединений				
Тема 5. Принципы построения систем допусков и посадок	3	2	-	5
Тема 6. Нормирование точности гладких цилиндрических поверхностей деталей и соединений	4	2	-	6
Тема 7. Нормирование точности формы и расположения поверхностей деталей	4	1 – 2	4	9 – 10
Тема 8. Общие допуски размеров, формы и расположения поверхностей деталей	2	-	-	2
Тема 9. Нормирование шероховатости и волнистости поверхностей деталей	3	1	2	6
Тема 10. Нормирование точности и посадки подшипников качения	4	2	-	6

1	2	3	4	5
Раздел III. Контроль элементов деталей				
Тема 11. Контроль гладких цилиндрических поверхностей универсальными средствами измерений	2 – 3	-	4	6 – 7
Тема 12. Контроль калибрами	2	1 – 2	-	3 – 4
Раздел IV. Нормирование точности углов призматических элементов деталей и конических поверхностей и соединений				
Тема 13. Нормирование точности углов призматических элементов деталей	2	-	2	4
Тема 14. Нормирование точности конических поверхностей и соединений	2	-	-	2
Раздел V. Нормирование точности и контроль поверхностей деталей и соединений специального назначения				
Тема 15. Нормирование точности штифтовых соединений	2	-	-	2
Тема 16. Нормирование точности шпоночных соединений	2 – 3	2	-	4 – 5
Тема 17. Нормирование точности шлицевых соединений	2	1	-	3
Тема 18. Нормирование точности резьбовых деталей и соединений	4	2	2	8
Тема 19. Нормирование точности зубчатых колес и передач	4	2	2 – 4	8 – 10
Раздел VI. Цепи размерные				
Тема 20. Расчеты размерных цепей	2	-	-	2
ВСЕГО	52 – 54	16 – 18	16 – 18	84 – 90

Примерный тематический план дисциплины для направлений специальностей:
 1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)»;
 1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение (автомобильный транспорт)»

Тематический план дисциплины рассчитан на 72 – 90 часов аудиторных занятий.

Наименование раздела, темы	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия (часы)	Всего аудиторных часов
1	2	3	4	5
Раздел I. Стандартизация и качество продукции				
Тема 1. Введение. Обеспечение качества изделий	2	-	-	2
Тема 2. Основные понятия. Нормирование и контроль точности параметров	2	-	-	2
Тема 3. Методы нормирования точности параметров	2	-	-	2
Тема 4. Стандартизация и взаимозаменяемость	2	-	-	2
Раздел II. Нормирование точности элементов деталей и их соединений				
Тема 5. Принципы построения систем допусков и посадок	3	-	-	3
Тема 6. Нормирование точности гладких цилиндрических поверхностей деталей и соединений	4	-	-	4
Тема 7. Нормирование точности формы и расположения поверхностей деталей	4	-	4 – 8	8 – 12
Тема 8. Общие допуски размеров, формы и расположения поверхностей деталей	2	-	-	2
Тема 9. Нормирование шероховатости и волнистости поверхностей деталей	3	-	2	5
Тема 10. Нормирование точности и посадки подшипников качения	4	-	-	4
Раздел III. Контроль элементов деталей				
Тема 11. Контроль гладких цилиндрических поверхностей универсальными средствами измерений	3	-	4 – 6	7 – 9
Тема 12. Контроль калибрами	2	-	-	2
Раздел IV. Нормирование точности углов призматических элементов деталей и конических поверхностей и соединений				
Тема 13. Нормирование точности углов призматических элементов деталей	2	-	2 – 4	4 – 6

1	2	3	4	5
Тема 14. Нормирование точности конических поверхностей и соединений	2	-	0 – 4	2 – 6
Раздел V. Нормирование точности и контроль поверхностей деталей и соединений специального назначения				
Тема 15. Нормирование точности штифтовых соединений	2	-	-	2
Тема 16. Нормирование точности шпоночных соединений	3	-	-	3
Тема 17. Нормирование точности шлицевых соединений	2	-	-	2
Тема 18. Нормирование точности резьбовых деталей и соединений	4	-	2 – 4	6 – 8
Тема 19. Нормирование точности зубчатых колес и передач	4	-	4 – 8	8 – 12
Раздел VI. Цепи размерные				
Тема 20. Расчеты размерных цепей	2	-	-	2
ВСЕГО	54	-	18 – 36	72 – 90

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел I. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

Роль дисциплины в системе подготовки специалистов. Основное содержание дисциплины. Связь параметров деталей с функциональными характеристиками изделия. Комплексное обеспечение качества на стадиях жизненного цикла изделий (проектирование, изготовление, эксплуатация). Нормирование точности как этап процесса разработки и проектирования изделий. Задачи выбора и обеспечения точности параметров изделий. Условные обозначения точности параметров на чертежах, необходимость их чтения.

Тема 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. НОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ

Причины рассеяния параметров при изготовлении деталей. Нормирование точности параметров (однопредельное и двухпредельное), допуск параметра. Стандартные нормы точности изделий. Допуски размеров, формы, расположения поверхностей, шероховатость поверхностей. Контроль точности параметров: виды, методы, средства контроля. Погрешности измерений параметров, их влияние на результаты оценки качества изделий. Формы представления результатов измерений.

Тема 3. МЕТОДЫ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ

Нормирование требований к точности параметров. Методы нормирования в технике. Выбор и назначение точности параметров по аналогии, источники информации (нормативные документы по стандартизации, справочники, техническая документация и др.). Методы нормирования (аналогов, прецедентов, исследований и др.) и способы их реализации. Области применения методов нормирования.

Тема 4. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ

Стандартизация как нормативная база взаимозаменяемости. Виды взаимозаменяемости. Полная, функциональная и геометрическая взаимозаменяемость. Объекты взаимозаменяемости (сборочная единица, деталь, элемент детали). Нормирование точности параметров для обеспечения взаимозаменяемости. Посадка как простейшая размерная цепь. Допуски отверстий и валов. Допуск посадки. Схемы расположения полей допусков.

Раздел II. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Тема 5. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Геометрические параметры. Макрогеометрия и микрогеометрия поверхностей. Обеспечение геометрической взаимозаменяемости поверхностей и сопряжений. Сопряжения поверхностей и стандартные посадки, системы допусков и посадок. Принципы построения систем допусков, систем допусков и посадок. Принцип предпочтительности. Нормальные условия измерений. Предельные контуры детали (поля допусков). Формализация допусков. Влияющие параметры (диаметр, длина короткой стороны угла, шаг и номинальный диаметр резьбы и т.д.). Группирование влияющих параметров. Уровни относительной точности (калитеты, классы и степени точности).

Тема 6. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

Стандарты допусков и посадок гладких цилиндрических поверхностей. Реализация принципов построения систем допусков и посадок в стандартах. Поля допусков системы, основной отбор, предпочтительные поля допусков. Истолкование предельных размеров. Допуски, уровни точности (калитеты), назначение уровней точности. Виды соединений: свободные подвижные, разъемные неподвижные, неразъемные неподвижные. Виды посадок: с гарантированным зазором, с гарантированным натягом, переходные. Предельные зазоры (натяги) и вероятные зазоры (натяги). Соотношение зазоров и натягов в переходных посадках. Посадки в системе отверстия и в

системе вала, области применения. Рекомендуемые и предпочтительные посадки. Выбор посадок по аналогии. Особенности допусков и посадок изделий из пластмасс. Обозначение размеров с указанием требований точности на чертежах. Указание допусков и посадок.

Тема 7. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Отклонения и допуски формы и расположения поверхностей. Основные понятия: элемент, номинальные, реальные и прилегающие элементы (поверхности, профили). Нормируемый участок. База. Отклонения формы, допуски формы, поля допусков формы. Степени точности допусков формы и расположения поверхностей. Уровни относительной геометрической точности допусков формы и расположения поверхностей.

Отклонения расположения, допуски расположения, поля допусков. Допуски в радиусном и диаметральном выражении. Рассматриваемый и базовый элементы. Допуски взаимного расположения поверхностей. Зависимые допуски. Выступающие поля допусков расположения.

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей. Допуски биения, допуски формы заданного профиля и заданной поверхности, поля допусков.

Выбор требований к точности формы и расположения поверхностей методом аналогов. Аналитические методы оценки допустимых отклонений формы и расположения поверхностей. Обозначение допусков формы и расположения на чертежах. Контроль формы и расположения поверхностей.

Тема 8. ОБЩИЕ ДОПУСКИ РАЗМЕРОВ, ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Нормирование требований к точности несопрягаемых поверхностей. Общие допуски размеров, стандартные нормы точности. Указание общих допусков размеров на чертежах. Допуски формы и расположения при отсутствии специальных указаний на чертежах, стандартные нормы точности. Общие допуски формы и расположения поверхностей, указание на чертежах.

Тема 9. НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И ВОЛНИСТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Влияние микрогеометрии поверхности на качество продукции, оптимальная шероховатость. Параметры и характеристики шероховатости поверхностей, базовая длина, высотные и шаговые параметры. Относительная опорная длина профиля. Направление неровностей. Выбор требований к шероховатости поверхностей методом аналогов. Комплексы параметров шероховатости поверхностей. Связь допусков размеров, формы, расположения и высотных параметров шероховатости поверхности. Средние экономические точности технологических процессов обработки (получения)

поверхностей. Обозначение шероховатости на чертежах. Контроль шероховатости поверхностей.

Параметры волнистости поверхностей. Контроль волнистости поверхностей.

Тема 10. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Стандартизация подшипников качения. Система условных обозначений подшипников качения. Основные геометрические параметры элементов подшипников. Поля допусков присоединительных размеров колец подшипников качения. Классы точности подшипников качения, их обозначение. Виды нагружения колец подшипников. Посадки колец подшипников качения, выбор посадок. Влияние посадки на радиальный зазор. Структура расчетов посадок подшипников качения при конструировании подшипниковых узлов.

Поля допусков поверхностей, сопрягаемых с подшипниками, требования к точности формы, расположения и шероховатости поверхностей, сопрягаемых с кольцами подшипников и торцовых поверхностей. Обозначение посадок подшипников качения на чертежах.

Раздел III. КОНТРОЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

Тема 11. КОНТРОЛЬ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерительный приемочный контроль. Основные требования к операциям (процессам) приемочного контроля. Допустимые погрешности измерений при приемочном контроле. Средства измерений геометрических параметров, основные метрологические характеристики средств измерений. Накладные и станковые средства измерений, особенности применения. Схемы измерительного приемочного контроля геометрических параметров. Особенности контроля отклонений формы и расположения поверхностей. Допустимые погрешности измерений линейных размеров, контроль геометрических параметров поверхностей (ГОСТ 8.051, РД 50-98 – 86).

Тема 12. КОНТРОЛЬ КАЛИБРАМИ

Классификация калибров. Нормальные и предельные калибры. Рабочие и контрольные калибры. Принцип проектирования рабочих поверхностей калибров. Стандартизация норм точности калибров. Поля допусков калибров. Конструкция калибров, маркировка. Правила контроля калибрами.

Раздел IV. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УГЛОВ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ И КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

Тема 13. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УГЛОВ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

Классификация расположенных под произвольным углом призматических элементов деталей. Классификация конических деталей и соединений. Нормальные углы, нормальные конусности и углы конусов. Допуски углов, степени точности, интервалы определяющих размеров, выражение допусков в угловых и линейных единицах. Поля допусков. Выбор норм точности угловых размеров. Указания угловых размеров и допусков углов призматических элементов на чертежах. Контроль углов призматических деталей.

Тема 14. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

Конические соединения, их параметры: диаметр, конусность, базорасстояние. Система допусков и посадок для конических деталей и соединений. Допуски формы конических поверхностей. Выбор посадки и методы получения заданного характера конических сопряжений. Указания допусков и посадок конусов на чертежах. Контроль углов конусов.

Раздел V. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тема 15. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШТИФТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Классификация соединений по назначению. Основные эксплуатационные требования к штифтовым соединениям. Стандартизация штифтов и штифтовых соединений, применение посадок в системе вала. Допуски и посадки штифтов, выбор посадок. Обозначение точности штифтовых соединений и деталей на чертежах. Контроль точности параметров штифтовых соединений.

Тема 16. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Виды шпоночных соединений. Стандартизация шпонок и шпоночных соединений. Посадки шпонок по боковым сторонам (свободное, нормальное и плотное соединения). Выбор посадки по центрирующему диаметру соединения вал-втулка и типа соединений по боковым сторонам шпонки. Требования к допускам расположения поверхностей. Обозначение точности шпоночных соединений и шпоночных элементов деталей на чертежах. Контроль точности шпоночных элементов деталей.

Тема 17. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Классификация шлицевых соединений и предъявляемые к ним точностные требования. Типы и основные элементы шлицевых деталей и соединений (диаметры, ширина шлиц). Виды центрирования, принципы их выбора. Стандартизация точности шлицевых прямобочных соединений. Поля допусков и рекомендуемые посадки. Стандартизация точности шлицевых эвольвентных соединений. Исходный контур, модули. Поля допусков, степени точности и рекомендуемые посадки. Выбор норм точности шлицевых соединений по аналогии. Обозначение точности шлицевых соединений и деталей на чертежах. Контроль точности шлицевых элементов деталей.

Тема 18. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ

Типы резьб, используемых в машиностроении и приборостроении. Основные элементы резьбы (профиль, диаметры, шаг, угол наклона боковой стороны профиля). Стандартные профили, диаметры, шаги. Длины свинчивания. Погрешности размеров резьбы. Влияние отклонений диаметров, шага, угла наклона боковой стороны профиля на свинчиваемость резьбы. Накопленная погрешность шага. Предельные контуры резьбы. Методы нормирования отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля. Допуски формы резьбовых поверхностей. Контроль точности резьбовых деталей.

Резьбовые сопряжения с зазором. Резьбовые сопряжения с натягом, особенности сборки. Переходные резьбовые посадки. Элементы заклинивания. Выбор резьбовых посадок. Обозначения резьбы на чертежах с указанием точности резьбовых деталей и сопряжений.

Тема 19. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Классификация зубчатых передач и предъявляемые к ним точностные требования. Стандартизация элементов зубчатых зацеплений. Исходный контур, модуль. Погрешности зубчатых колес и передач. Влияние погрешностей на работоспособность и надежность передачи.

Нормы точности зубчатых колес и передач. Нормы кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев, бокового зазора и межосевого расстояния. Степени точности, виды сопряжений и допусков бокового зазора, классы точности межосевого расстояния. Соотношения между нормами точности зубчатых колес. Показатели точности зубчатых колес и передач по нормам кинематической точности, плавности, контакта зубьев, по нормам бокового зазора и межосевого расстояния. Комплексные и дифференциальные показатели, предельные отклонения и допуски. Контрольные комплексы, контроль точности зубчатых колес и передач. Особенности стандартизации норм точности конических и червячных

передач. Выбор норм точности зубчатых передач по аналогии. Рабочий чертеж зубчатого колеса. Обозначение точности зубчатых колес и передач.

Раздел VI. ЦЕПИ РАЗМЕРНЫЕ

Тема 20. РАСЧЕТЫ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Содержание и последовательность формирования требований к точности изделий и их элементов. Точность размеров, входящих в размерные цепи. Основные понятия, относящиеся к расчету размерных цепей: виды цепей, звенья, виды звеньев, передаточные отношения. Методы решения размерных цепей. Расчет размерных цепей методом максимума-минимума. Расчет размерных цепей с использованием теории вероятностей. Методы обеспечения точности замыкающего звена. Метод полной взаимозаменяемости. Методы неполной взаимозаменяемости. Селективная сборка. Индивидуальный подбор. Методы компенсации. Компенсаторы, используемые для обеспечения размера замыкающего звена. Приемы технологической компенсации: удаление припуска с поверхности детали-компенсатора, совместная обработка поверхностей. Конструкторская компенсация (регулировка).

ИНФОРМАЦИОННО–МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Гладкие цилиндрические детали и сопряжения. Основные понятия.
2. Расчет посадок гладких цилиндрических деталей и сопряжений.
3. Оформление требований к точности гладких цилиндрических деталей, сопряжений и несопрягаемых размеров на чертежах.
4. Нормирование точности формы и расположения поверхностей.
5. Нормирование шероховатости поверхности.
6. Посадки подшипников качения.
7. Оформление требований к подшипниковому узлу и отдельным деталям на чертежах.
8. Поля допусков рабочих калибров.
9. Точность зубчатых колес и передач.
10. Точность шпоночных и шлицевых сопряжений.
11. Точность резьбовых соединений.
12. Выбор методик измерений геометрических параметров деталей.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Нормы точности и контроль размеров гладких наружных и внутренних цилиндрических поверхностей.
2. Нормы точности и контроль формы поверхностей.
3. Нормы точности и контроль расположения поверхностей.
4. Нормы точности и контроль радиального и торцового биений.
5. Нормы точности и контроль углов призматических деталей и конусов.
6. Нормирование и контроль параметров шероховатости поверхностей деталей.
7. Нормы точности резьбы и контроль параметров наружной резьбы.
8. Нормирование точности и контроль параметров зубчатых колес.

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является закрепление знаний, полученных в ходе изучения дисциплины и навыков пользования нормативными документами по стандартизации и техническими нормативными правовыми актами в области технического нормирования и стандартизации. Исходным документом для выполнения курсовой работы является чертеж сборочной единицы. Курсовая работа включает описание конструкции и работы сборочной единицы; выбор, обоснование и обозначение размеров и требований к точности деталей и сопряжений, включая гладкие, резьбовые, шпоночные и шлицевые, а также зубчатые колеса и передачи; выбор методик измерительного контроля геометрических параметров деталей. В графическую часть работы входят чертеж общего вида сборочной единицы и рабочие чертежи типовых деталей, например, вала, втулки, зубчатого колеса.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, Н.Н., Осипов, В.В., Шабалина, М.Б. Нормирование точности в машиностроении / Под ред. Ю.М.Соломенцева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк.; Издательский центр «Академия», 2001. – 335 с.
2. Никифоров, А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / А.Д. Никифоров – М.: Высшая школа, 2000. – 510 с.
3. Нормирование точности и технические измерения. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие для студентов инженерно-технических специальностей: в 2 ч. / Б.В.Цитович [и др.]; под ред. Б.В.Цитовича и П.С.Серенкова. – Минск: БНТУ, 2006. – 2 ч. <http://rep.bntu.by//handle/data/3650>; <http://rep.bntu.by//handle/data/3653>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Соломахо, В.Л., Цитович, Б.В. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович. – Минск: Дизайн ПРО, 2004. – 296 с.
2. Цитович, Б.В., Соломахо, В.Л., Ковалев, Л.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Лабораторный практикум: учеб. пособие / Б.В. Цитович, В.Л. Соломахо, Л.Д. Ковалев. – Минск: Высшая школа, 1987. – 134 с.
3. Серенков, П.С., Спесивцева, Ю.Б. Методы менеджмента качества. Проектирование норм точности: учеб. пособие для студентов вузов / П.С. Серенков, Ю.Б. Спесивцева – Минск: ИВЦ Минфина, 2009 – 336 с.