



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Факультет «Кораблестроение и морская техника»  
Кафедра «Управление качеством»

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО ДИСЦИПЛИНАМ  
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»,  
«ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Часть II

Ростов-на-Дону  
2023

УДК 006.91

Составители: Атоян Т.В., Кошлякова И.Г., Русин А.П., Сорочкина О.Ю.,  
Шаповал Н.В.

«Метрология, стандартизация и сертификация»,  
«Взаимозаменяемость и нормирование точности».  
Лабораторный практикум: метод. указания. – Ростов-на-Дону:  
Донской гос. техн. ун-т, 2023. – 91 с.

Лабораторный практикум по дисциплинам «Метрология, сертификация и стандартизация», «Взаимозаменяемость и нормирование точности»: методические указания/ Атоян Т.В., Зайцева И.А., Кошлякова И.Г., Русин А.П., Сорочкина О.Ю., Степанов М.С. - Ростов н/д: Издательский центр ДГТУ, 2023.- 91 с.

В методических указаниях приведены основные сведения о нормировании и контроле геометрических параметров типовых соединений, зубчатых передач, определяющих качество изделий современного машино- и приборостроения. С современных позиций отражены основные подходы к нормированию и контролю параметров продукции различных отраслей, а также обеспечения охраны и безопасности труда.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения направлений: 27.03.01, 27.03.05, 20.05.01, 22.03.01, 22.03.02, 19.03.01, 15.03.01, 15.03.03, 13.03.02, 11.03.04, 28.03.02, 23.05.01, 11.03.04, изучающих дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация» и «Взаимозаменяемость и нормирование точности».

УДК 006.91

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор докт. техн. наук, профессор М.С. Степанов

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Управление качеством»  
докт. техн. наук, профессор В.П. Димитров

---

В печать \_\_\_\_\_.2023 г.  
Формат 60×84/16. Объем 6 усл. п. л.  
Тираж 200 экз. Заказ № \_\_\_\_.

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1  
© Донской государственный технический университет, 2023

## Содержание

1. Лабораторная работа №12 «Контроль гладких калибров для отверстий и расчёт их исполнительных размеров» .....	4
2. Лабораторная работа №13 «Измерение элементов резьбы на инструментальном микроскопе».....	11
3. Лабораторная работа №14 «Нормирование и контроль точности шлицевых соединений».....	23
4. Лабораторная работа №15 «Нормирование и контроль шпоночных соединений».....	28
5. Лабораторная работа №16 «Измерение смещений исходного Контура зубчатого колеса с помощью зубомера смещения».....	34
6. Лабораторная работа №17 «Измерение кинематической погрешности зубчатых колёс на межосемере» .....	45
7. Лабораторная работа №18 «Измерение толщины зуба шестерни штангензубомером».....	55
8. Лабораторная работа №19 «Измерение радиального биения венца зубчатых колёс на биенимере».....	61
9. Лабораторная работа №20 «Нормирование и контроль параметров освещённости объекта».....	67
10. Лабораторная работа №21 «Нормирование и контроль параметров лакокрасочных покрытий».....	74
11. Лабораторная работа №22 «Нормирование и контроль параметров качества водно-спиртовых растворов».....	80
12. Лабораторная работа №23 «Нормирование и контроль в строительстве».....	86

Сорочкина О.Ю., Кошлякова И.Г.

Лабораторная работа №12

## «Контроль гладких калибров для отверстий и расчёт их исполнительных размеров»

### 1 Цель работы

Ознакомиться с системой допусков на гладкие калибры, освоить методику контроля предельных калибров-пробок.

### 2 Оборудование и средства измерений

2.1 Скоба рычажная СР. ГОСТ 11098-75.

2.2 Набор плоскопараллельных концевых мер длины. ГОСТ 9038-90.

2.3 Двусторонний предельный калибр-пробка.

### 3 Общие положения

#### 3.1 Назначение предельных калибров

Для проверки размеров деталей в массовом и крупносерийном производстве используют особые инструменты – калибры. **Калибры** – это бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для контроля размеров элементов деталей, их геометрической формы и взаимного расположения. При этом действительные размеры отверстий контролируются калибрами-пробками (рис.1,а), а размеры валов – калибрами-скобами (рис.1,б). Деталь считается годной, если она проходит в проходной калибр (Р-ПР) и не проходит в непроходной калибр (Р-НЕ).

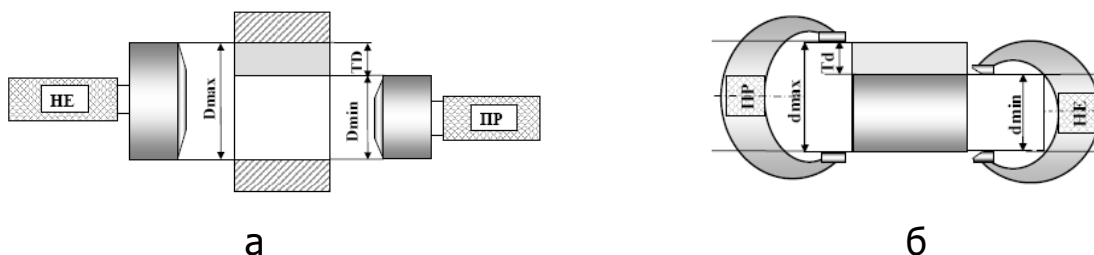


Рисунок 1. Схема контроля отверстий предельными калибрами

#### 3.2 Требования к точности калибров

В процессе контроля деталей рабочие проходные калибры-пробки и калибры-скобы подвергаются интенсивному износу. Чтобы качество контроля не снижалось, нормируют их износ.

У рабочих непроходных калибров, а также контрольных калибров износ практически отсутствует или весьма незначителен, поэтому им пренебрегают.

Допуск на износ и допуски на изготовление калибров примерно равны между собой. Допуски калибров меньше допусков на изготовление изделия примерно в 10-15 раз.

Новые неизношенные и более точные калибры передают рабочим, частично изношенные (например, на 2/3 допуска на износ) –

контролёрам ОТК, а калибры, у которых почти полностью израсходован допуск на износ, – приёмщикам.

Размеры рабочих скоб поверяют концевыми мерами длины и контрольными калибрами. Размеры рабочих и контрольных пробок измеряют универсальными приборами, например оптиметрами, микрокаторами, рычажными скобами. Измерения осуществляют в трёх равномерно распределённых вдоль оси калибра сечениях. В каждом сечении выполняют два измерения в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

На рисунке 2 приведены схемы расположения полей допусков калибров.

По стандарту на схемах расположения полей допусков калибров (рис.2) приняты следующие обозначения размеров и допусков:

$D_{\min}$  ( $d_{\min}$ ) – наименьший предельный размер отверстия (вала);

$D_{\max}$  ( $d_{\max}$ ) – наибольший предельный размер отверстия (вала);

TD (Td) – допуск отверстия (вала);

$H$ ,  $H_1$ ,  $H_p$  – допуски на изготовление соответственно калибров-пробок, скоб и контрольных калибров;

$Z$ ,  $Z_1$  – величина смещения поля допуска проходного калибра-пробки и скобы, соответственно, в поле допуска на деталь для исключения возможности неправильного контроля;

$Y$ ,  $Y_1$  – величина, устанавливающая границу износа для пробки-скобы, соответственно;

$a$ ,  $a_1$  – величина, компенсирующая погрешности формы, температурные деформации, неравномерность усилия для пробок и скоб, соответственно, с размерами свыше 180 мм для калибров, контролирующих размеры до 180 мм  $a = 0$ ).

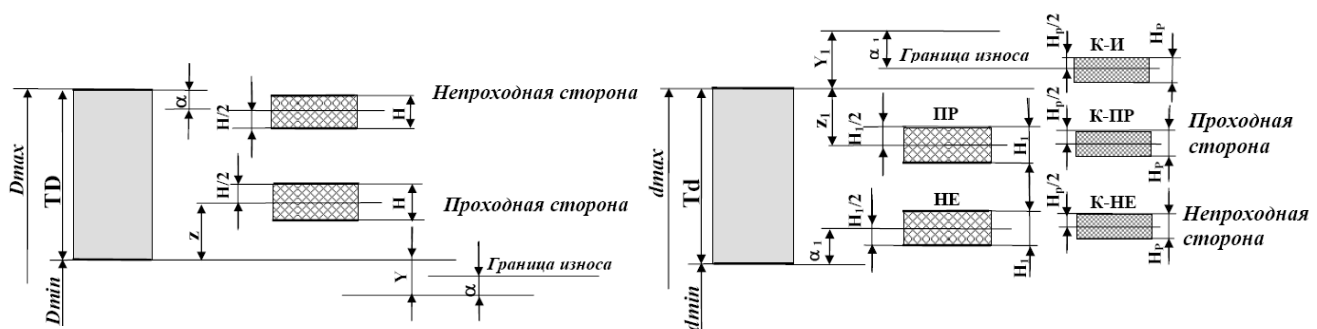


Рисунок 2. Схемы расположения полей допусков калибров:

а – для калибра-пробки; б – для калибра-скобы и контрольных калибров.

### 3.3 Расчёт предельных и исполнительных размеров гладких калибров для контроля отверстий

Номинальным размером калибра является тот предельный размер детали, который контролируется данным калибром. Для проходного

калибра-пробки номинальным размером  $PR_{ном}$  является наименьший предельный размер отверстия  $D_{min}$ . Для непроходного калибра-пробки номинальным размером  $HE_{ном}$  является наибольший предельный размер отверстия  $D_{max}$ .

Расчёт предельных размеров калибров-пробок осуществляется по следующим формулам:

Для проходного калибра-пробки:

$$PR_{min} = D_{min} + z - H/2; \quad (1)$$

$$PR_{max} = D_{min} + z + H/2; \quad (2)$$

$$PR_{изн} = D_{min} - y. \quad (3)$$

Для непроходного калибра-пробки:

$$HE_{min} = D_{max} - H/2; \quad (4)$$

$$HE_{max} = D_{max} + H/2. \quad (5)$$

Исполнительными называют предельные размеры калибров, по которым изготавливают новый калибр. Для калибров-пробок – это их наибольший предельный размер с верхним отклонением, равным по абсолютной величине допуску на изготовление калибра:

$$\text{для проходного калибра-пробки} - PR_{max}; \quad (6)$$

$$\text{для непроходного калибра-пробки} - HE_{max}. \quad (7)$$

#### 4 Пример построения схемы полей допусков калибра-пробки

Чтобы построить схему расположения полей допусков калибра, предназначенного для контроля отверстия  $\varnothing 30H8$ , необходимо:

1) по ГОСТ 25347-82 определить предельные отклонения для отверстия  $\varnothing 30H8$ :  $ES = +0,033$  мм;  $EI = 0$  мм;

2) по номинальному размеру диаметра отверстия и предельным отклонениям рассчитать наибольший и наименьший предельные размеры отверстия:  $D_{max} = D + ES = 30 + 0,033 = 30,033$  мм;  $D_{min} = D + EI = 30 + 0 = 30$  мм;

3) установить номинальные размеры проходной и непроходной сторон калибра-пробки:  $PR_{ном} = D_{min} = 30$  мм;  $HE_{ном} = D_{max} = 30,033$  мм.

4) по ГОСТ 24853-81 (приложение Б) для отверстия  $\varnothing 30$  и 8 квалитета определить параметры:  $z = 5$  мкм;  $y = 4$  мкм;  $H = 4$  мкм;

5) рассчитать предельные и изношенный размеры  $PR$  стороны и предельные размеры  $HE$  стороны калибра-пробки (формулы 1-5):

$$PR_{max} = D_{min} + z + H/2 = 30 + 0,005 + 0,002 = 30,007 \text{ мм};$$

$$PR_{min} = D_{min} + z - H/2 = 30 + 0,005 - 0,002 = 30,003 \text{ мм};$$

$$PR_{изн} = D_{min} - y = 30 - 0,004 = 29,996 \text{ мм};$$

$$HE_{max} = D_{max} + H/2 = 30,033 + 0,002 = 30,035 \text{ мм};$$

$$HE_{min} = D_{max} - H/2 = 30,033 - 0,002 = 30,031 \text{ мм};$$

б) из полученных расчётных предельных размеров назначить исполнительные размеры проходной (ПР) и непроходной (НЕ) сторон калибра-пробки (формулы 6-7):

$$P - PP_{\max-H} = 30,007_{-0,004};$$

$$P - HE_{\max-H} = 30,035_{-0,004}.$$

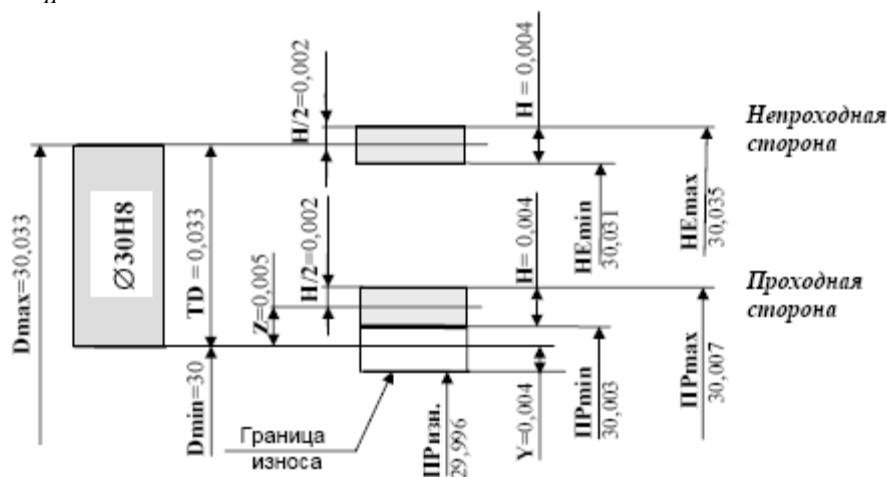


Рис. 3 – Схема расположения полей допусков отверстия ПР и НЕ сторон калибра-пробки

## 5 Методика выполнения работы

5.1 Построить схему расположения полей допусков калибра-пробки для контроля заданного отверстия (Приложение Б).

5.2 Закрепить измеряемый калибр-пробку в центрах.

5.3 Установить измерительный прибор на нуль с помощью концевой меры или блока концевых мер (БКМД), размер которой равен номинальному размеру измеряемой стороны калибра-пробки.

5.4 Измерить ПР и НЕ стороны калибра-пробки по схеме, приведённой в таблице 1 приложения А. Полученные отклонения от нуля шкалы измерительного прибора со знаком «+» или «-» занести в таблицу 2 приложения А.

5.5 Определить действительные размеры ПР и НЕ сторон калибра, алгебраически складывая размер концевой меры с полученными отклонениями от нуля шкалы измерительного прибора.

5.6 Рассчитать предельные и исполнительные размеры калибра, используя справочные данные приложения В.

5.7. Дать заключение о годности калибра, сравнив действительные размеры ПР и НЕ сторон калибра с рассчитанными в п. 5.6, пользуясь соотношениями:

$$PP_{\max} \geq PP_{\text{действ}} > PP_{\text{изн}};$$

$$HE_{\max} \geq HE_{\text{действ}} \geq HE_{\min}.$$

## 6 Контрольные вопросы

6.1 Что называется калибром?

6.2 Для чего служат гладкие предельные калибры?

6.3 Когда отверстие или вал считаются годными при контроле их калибрами?

6.4 Какие калибры бывают по технологическому назначению, форме измерительной поверхности?

6.5 Что является номинальным размером для проходной и непроходной стороны калибра-пробки?

6.6 Что называется исполнительным размером калибра?

6.7 Что является исполнительным размером проходной и непроходной стороны калибра-пробки?

6.8 Почему нормируется износ только у проходной стороны калибра?

## 7 Литература

7.1 А.И. Якушев и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для втузов/ А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1986.

7.2 А.И. Иванов. Основы взаимозаменяемости и технические измерения. М., «Колос», 1975.

7.3 И.Г. Кошлякова. Теория и практика нормирования точности в машиностроении: учеб. пособие/ И.Г. Кошлякова, О.Ю. Сорочкина, Е.Н. Закалин. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013.

7.4 ГОСТ 24851 – 81. Калибры гладкие для цилиндрических отверстий и валов. Виды. – М. : Изд – во стандартов, 1981. – 8 с.

7.5 Зябрева Н.Н., Шегал М.Я. Лабораторные занятия по курсу « Основы взаимозаменяемости и технических измерений ».- М.: Машиностроение , 1966.

Приложение А

## Форма отчёта

1. Цель работы.

2. Оборудование и средства измерений.

Таблица 1 – Характеристика средства измерения

Наименование и тип прибора	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Контролируемый параметр	Схема измерения калибра-пробки
Скоба рычажная СР				

3. Расчёт предельных и исполнительных размеров калибров-пробок.



4. Схема полей допусков диаметра заданного отверстия, ПР и НЕ сторон калибра-пробки.

5. Результаты измерений

Таблица 2 – Результаты измерений

Обозначение сторон калибра	Размер блока концевых мер, мм	Сечения и направления измерений	Показания прибора, мм	Среднее значение показаний прибора, мм	Действительный размер стороны калибра, мм
ПР		I-1			
		I-2			
		II-1			
		II-2			
		III-1			
		III-2			
НЕ		I-1			
		I-2			
		II-1			
		II-2			
		III-1			
		III-2			

6 Вывод: заключение о годности калибра.

## Приложение Б

### Размеры калибров-пробок для контроля

№ варианта	1	2	3	4
Контролируемый параметр	Ø20H7	Ø25H7	Ø36H7	Ø30H7

Допуски и отклонения калибров по ГОСТ 24853-81, мкм

Квалитеты заданных размеров отверстий	Обозначения параметров	Интервалы размеров, мм									
		до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250
6	z, z <sub>1</sub>	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3	4	5
	y, y <sub>1</sub>	1	1	1	1.5	1.5	2	2	3	3	4
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	H, H <sub>1</sub>	1.2	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	5	7
		2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
7	z, z <sub>1</sub>	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
	y, y <sub>1</sub>	1.5	1.5	1.5	2	3	3	3	4	4	6
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	H, H <sub>1</sub>	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
8	z, z <sub>1</sub>	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12
	y, y <sub>1</sub>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	H, H <sub>1</sub>	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
		3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
9	z, z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21
	y, y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	H, H <sub>1</sub>	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
		3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
10	z, z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24
	y, y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	H, H <sub>1</sub>	2	2.5	2.5	3	4	4	6	6	8	10
		3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
11	z, z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40
	y, y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	16	20
12	z, z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45
	y, y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20
13	z, z <sub>1</sub>	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80
	y, y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46

Кошлякова И.Г., Русин А.П.  
Лабораторная работа № 13  
**«Измерение элементов резьбы  
на инструментальном микроскопе»**

**1 Цель работы**

Получить навыки нормирования точности параметров резьбовых деталей; освоить методику и технику измерения наружной резьбы на инструментальном микроскопе; определить средний диаметр, шаг и половину угла профиля наружной резьбы методом осевого сечения; определить годность измеренных параметров.

**2 Оборудование**

Инструментальный микроскоп; измерительные призматические резьбовые ножи; приспособления к призматическим ножам.

**3 Объект измерений**

Деталь с наружной резьбой (условно – болт).

**4 Общие сведения**

Основными параметрами цилиндрической резьбы, подлежащими измерениям, являются (рис.1):

- угол профиля  $\alpha$  – угол между боковыми сторонами профиля в плоскости осевого сечения;
- половина угла профиля  $\alpha/2$  для резьбы с симметричным профилем – угол между боковой стороной профиля и перпендикуляром, опущенным из вершины исходного профиля симметричной резьбы на ось резьбы;
- наружный диаметр резьбы – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы ( $d$ ) или впадин внутренней резьбы ( $D$ );
- средний диаметр резьбы  $d_2$  ( $D_2$ ) – диаметр воображаемого, соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, по которым ширина канавки равна половине номинального шага резьбы;
- внутренний диаметр резьбы – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы ( $d_1$ ) или в вершины внутренней резьбы ( $D_1$ );
- шаг резьбы  $P$  – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

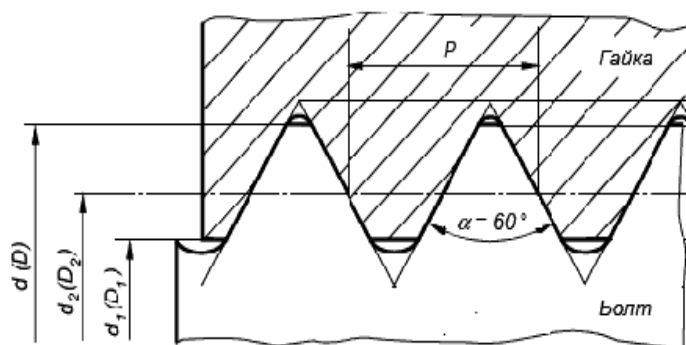


Рисунок 1. Основные измеряемые параметры метрической резьбы

В обозначении поля допуска метрической резьбы на первом месте указывается цифрой степень точности, на втором – буквой – основное отклонение, например 6g, 4h, 8H, что отличает поля допусков резьбы от полей допусков гладких соединений. Выбранная величина основного отклонения соблюдается единой по всему профилю. Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра  $d_2$ ,  $D_2$ , помещенного на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов, т.е. наружного диаметра болта  $d$  или внутреннего диаметра гайки  $D_1$ , например: 7g6g, где 7g – поле допуска среднего диаметра болта  $d_2$ , 6g – поле допуска наружного диаметра болта  $d$ , 5H6H, где 5H – поле допуска среднего диаметра гайки  $D_2$ , 6H – поле допуска внутреннего диаметра гайки  $D_1$ . Если обозначение поля допуска диаметра выступов  $d$  или  $D_1$  совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, то оно в обозначении не повторяется, например: 6H, 6g.

Для каждого параметра устанавливаются стандартные предельные отклонения от номинального значения, ограничивающие область допускаемых действительных значений (приложение Б). Действительные значения параметров определяют по результатам измерений резьбы одним из стандартных методов. Необходимость применения метода осевого сечения обусловлена следующим:

- угол подъема витка спирали резьбы резьбового изделия, установленного в центрах микроскопа и освещаемого снизу, перекрывает осевое сечение, и, следовательно, точно сфокусировать это сечение практически невозможно, даже при наклоне колонки микроскопа на угол подъема витка спирали резьбы;

- видимый в микроскоп контур профиля резьбы, проецируемый на окулярную сетку, не является точным изображением осевого сечения резьбы, именно того, в котором должно проводиться измерение среднего диаметра. Особенностью этого искажения (одинакового на всех витках резьбы) является то, что перекрытие осевого сечения увеличивается,

в направлении от наружного диаметра к внутреннему. Искривление контура резьбы будет отражаться на точности определения среднего диаметра. Следовательно, непосредственным визированием на контур профиля (проекционным методом) невозможно обеспечить точность измерения  $d_2$ . С целью исключения вышеуказанной погрешности, измерение элементов резьбы проводят с помощью измерительных ножей методом светового сечения. Согласно ГОСТ 7013-67 измерительные ножи (рис.2, табл. 1) могут быть следующих типов:

РПБ, РЛБ – резьбовые, правые, левые большие;

РПМ, РЛМ – резьбовые правые, левые малые.

Правые ножи устанавливаются по правой, левые – по левой стороне профиля витков. К большим ножам относят те, у которых расстояние 1 риски от лезвия равно 0,9 мм, а к малым – у которых это расстояние равно 0,3 мм. Малые ножи применяются при шаге резьбы до 3 мм, а большие – при шаге от 3 до 6 мм.

Таблица 1 – Размеры измерительных ножей

Тип ножей	Ширина ножей, мм	Рабочий размер, мм
РПБ, РЛБ	5- <sub>0,160</sub>	0,9±0,0005
РПМ, РЛМ	3,5- <sub>0,160</sub>	0,3±0,0005

В соответствии с этими размерами спроектирована штриховая сетка (рис.3) окулярной угломерной головки. Пунктирная линия "ab" при трехкратном увеличении объектива микроскопа соответствует расстоянию, равному размеру 1, т.е. 0,9 мм, cd – размеру 1, равному 0,3. Это значит, что если линию cd совместить с риской ножа размером 0,3 мм, то центральная пунктирная линия штриховой сетки совпадает с лезвием ножа. Если же нож приставить к профилю резьбы, то эта линия касается профиля в его осевом сечении, а риска на лезвии ножа принимается за измерительную базу.

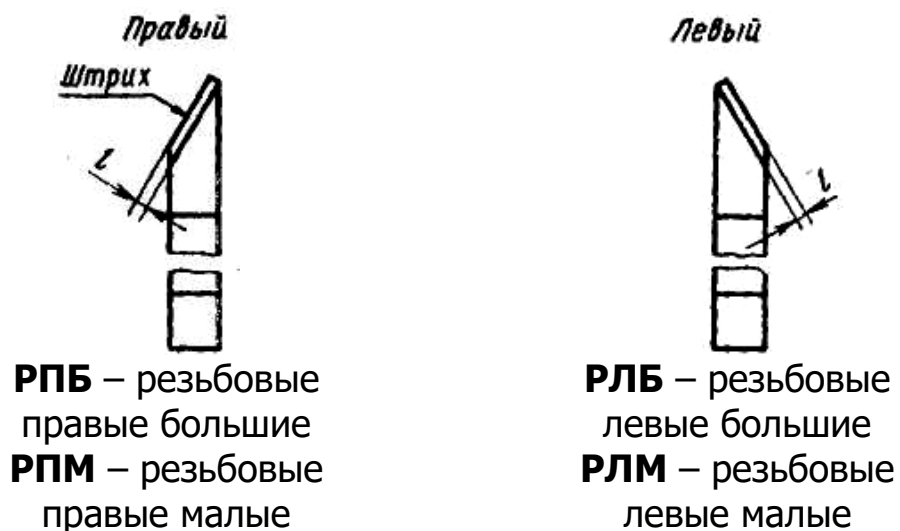


Рисунок 2. Виды измерительных ножей

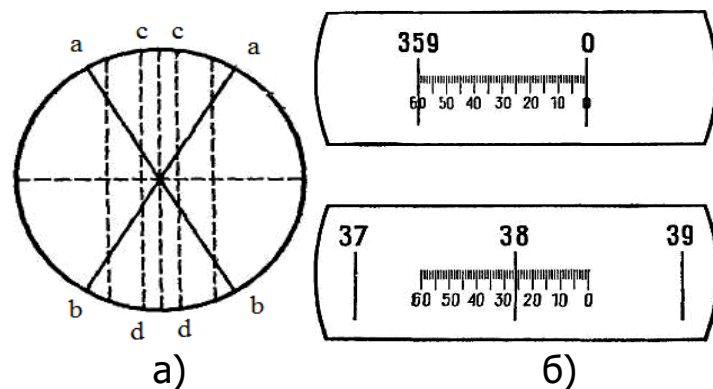
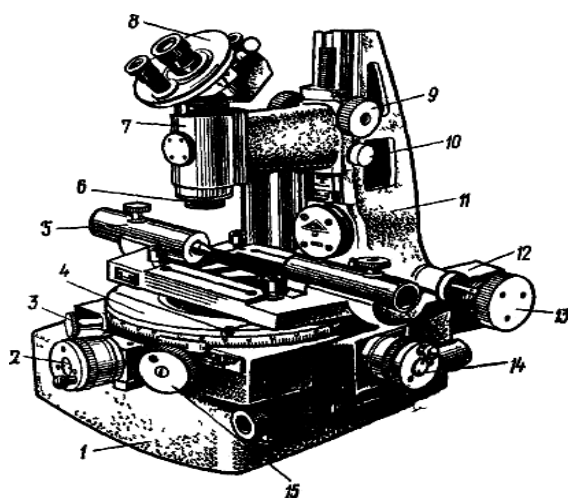


Рисунок 3. Штриховая сетка (а) и отсчетное устройство углов (б)

Общий вид и основные конструктивные элементы инструментального микроскопа показаны на рис.4.

Диаметры ( $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ) измеряются в направлении, перпендикулярном оси, шаг  $P$  – параллельно оси, при измерении половины угла профиля ( $\alpha/2$ ) одной из сторон угла принимается перпендикуляр, опущенный из вершины угла профиля на ось резьбы. При измерении резьбовой детали на БМИ она устанавливается на столе микроскопа в центрах, которые материализуют ось изделия, и которые занимают случайное положение по отношению к осям продольного и поперечного перемещения стола, В процессе измерения стол микроскопа перемещается в прямоугольной системе координат и если ось контролируемого болта не будет совпадать с осью продольного перемещения стола или не будет параллельна ей, действительные размеры изделия будут содержать погрешность, обусловленную погрешностью установки (базирования), которая для данного случая измерения становится систематической. Влияние погрешности базирования при измерении элементов резьбы на инструментальном микроскопе практически полностью исключается при использовании схемы двухстороннего измерения (рис.5,а,б,в).



- 1 – основание, 2 – микрометрическое устройство поперечной подачи, 3 – рукоятка крепления стола, 4 – предметный стол, 5 – центровая бабка, 6 – кольцо фокусировки тубуса, 7 – кронштейн с тубусом, 8 – штриховая окулярная головка, 9 – кремальера перемещения кронштейна, 10 – тормоз кронштейна, 11 – колонка, 12 – осветитель, 13 – маховик наклона колонки, 14 – микрометрическое устройство продольной подачи, 15 – маховик поворота стола

Рисунок 4. Общий вид большого инструментального микроскопа



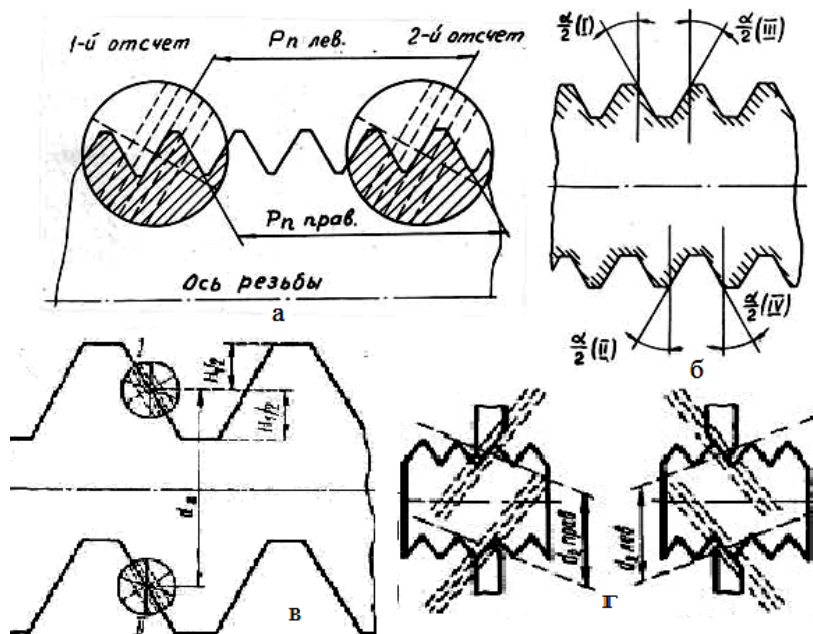


Рисунок 5. Измерительные схемы: а) шага; б) половины угла профиля; в) и г) среднего диаметра – без измерительных ножей (в), с измерительными ножами (г)

Технические характеристики инструментального микроскопа БМИ:

- диапазон измерений линейных размеров:
- в продольном направлении 0 ... 150 мм;
- в поперечном направлении 0 ... 75 мм;
- угловых размеров 0 ... 360 град.;
- диапазон показаний микровинтов 0 ... 25 мм;
- цена деления микровинтов 0,005 мм;
- цена деления угломерной шкалы 1 мин.;
- предельная погрешность  $\pm 0,003$  мм.

## 5 Порядок выполнения работы

5.1 Определить средний диаметр ( $d_2$ ) резьбы болта методом осевого сечения.

5.1.1 Настроить микроскоп. Для этого:

5.1.1.1 Установить объектив с увеличением  $3\times$ , который совместно с окуляром угломерной головки дает  $3\times 10\times = 30\times$  – тридцатикратное увеличение.

5.1.1.2 Установить на нижнюю часть объектива насадку с полупрозрачной пластиной, закрепить ее винтом.

5.1.1.3 Открыть с помощью регулировочного кольца, полностью диафрагму осветительной системы.

5.1.1.4 Установить колонку микроскопа в строго вертикальное положение посредством маховика 13 (рис.4). Показание по спиральной шкале наклона колонки должно быть равно нулю.

5.1.1.5 Установить в центрах микроскопа резьбовое изделие и придвинуть к нему опорные планки с ножедержателями. Планки закрепляются винтами.

5.1.1.6 Установить на планке под ножедержателями измерительные ножи и приставить их к профилю резьбы согласно схеме на рис.5,г.

5.1.1.7 Сфокусировать визирную систему (штриховую сетку) окулярной головки на плоскость ножей. Осторожно подвести лезвие ножа к изделию до полного соприкосновения, без просвета по всей длине между лезвием и контуром резьбы. Эти действия провести на обеих сторонах резьбы.

5.1.1.8 Вращением маховика окулярной головки совместить соответствующую пунктирную линию штриховой сетки с риской ножа. При этом перекрестие штриховой сетки должно быть расположено примерно на середине стороны профиля (рис.5).

5.1.2 Произвести первый отсчет по отсчетному устройству поперечного перемещения и записать в протокол.

5.1.3. Подвести под перекрестие другую сторону профиля резьбы выполнить операции указанные в п 5.1.1.8. Произвести второй отсчет, записать в протокол. Разность двух отсчетов составляет  $d_2$  прав. (рис.5,г),

5.1.4. Поменять ножи, провести измерения  $d_{2\text{лев.}}$  по левой стороне профиля для чего выполнить операции, предусмотренные в пунктах. 5.1.1.6. – 5.1.3 без использования измерительных ножей, визируя сетку микроскопа по выступам и впадинам профиля, соответственно.

4.2 Обработать результаты измерений.

Действительный размер среднего диаметра, по измеренным значениям  $d_{2\text{прав.}}$  и  $d_{2\text{лев.}}$  определить по формуле:

$$(d_{2\text{прав.}} + d_{2\text{лев.}})/2 = (d_2 - \Delta + d_2 + \Delta)/2 = 2 \cdot d_2/2 = d_2,$$

где  $\Delta$  – погрешность, вызванная несоосностью центров и направления перемещения стола микроскопа.

Таким образом, среднее арифметическое из измеренных  $d_{2\text{прав.}}$  и  $d_{2\text{лев.}}$  действительный размер среднего диаметра и, следовательно, исключает влияние относительного перекоса детали на точность измерения  $d_2$ .

5.3 Выполнить измерения наружного  $d$  и внутреннего  $d_1$  диаметров болта по п.п. 5.1.1.5 – 5.1.3 без применения измерительных ножей, визируя окулярную сетку по выступам и впадинам профиля, соответственно. Результаты измерений занести в таблицы, аналогичные табл.1 отчета.

5.4. Измерение шага резьбы (рис. 5,а).



5.4.1. Перемещением стола, на котором находится изделие, ввести в поле зрения микроскопа профиль резьбы.

5.4.2 К образующей профиля резьбы подвести вплотную нож. Изображение риски ножа совместить с соответствующей штриховой линией окулярной головки, причем точка пересечения штриховых линий должна находиться примерно на середине образующей профиля. Произвести первый отсчет I по шкале микровинта 14 продольного перемещения (рис.4).

5.4.3. Убрать нож. Продольным перемещением стола переместить калибр до появления в поле зрения микроскопа витка резьбы, к которому необходимо подвести нож. Тот же нож подвести к соответствующей стороне профиля и совместить пунктирную линию с риской на ноже. Произвести второй отсчет II по шкале микровинта 14. Аналогичные измерения выполнить по другой стороне профиля.

5.4.4 Рассчитать величину n шагов  $P_n$  по формуле  $P_n \cdot n = I - II$  для левой и правой сторон профиля.

5.4.5. Погрешность от несоосности перемещения стола и оси резьбы  $\Delta P_n$  приводит к результатам измерений:  $P_{n\text{прав}} = P_n - \Delta P_n$  и  $P_{n\text{лев}} = P_n + \Delta P_n$ . Чтобы компенсировать эту погрешность шаг резьбы вычислить по формуле:

$$P_n = (P_{n\text{прав}} + P_{n\text{лев}})/2.$$

5.4.6 Полученный результат сравнить с допустимым по ГОСТ 24997-2004.

5.5. Измерить половину угла профиля резьбы (рис. 5,6).

Это можно выполнить одновременно с измерением среднего диаметра или шага. При совмещении вертикальной линии окулярной сетки с изображением правой стороны профиля половину угла профиля ( $\alpha/2_{\text{прав.}}$ ) отсчитывают непосредственно, т. к. поворот окулярной сетки происходит от нуля в сторону увеличения показаний угломерной шкалы окулярной головки. При совмещении вертикальной линии окулярной сетки с изображением левой стороны профиля половина угла профиля рассчитывается по формуле:

$$\alpha/2 = 360 - \beta,$$

где  $\beta$  – показание угломерной шкалы окулярной головки. Для измерения  $\alpha/2$  применяются левый и правый ножи.

5.5.1. Установку, визирование и совмещение соответствующих пунктирных линий с рисками ножей производить так же, как при измерении  $d_2$  и  $P$ .

5.5.2. Для определения  $\alpha/2$  (I) верхнюю пунктирную линию совместить с риской ножа, причем эта линия с риской ножа должна быть совмещена по всей ее длине. Отсчет произвести по шкале угломерной головки.

5.5.3. Для определения  $\alpha/2$  (II) перевести противоположную сторону изображения, профиля под штриховую сетку и совместить нижнюю пунктирную линию с риской ножа. По угломерной шкале головки производится отсчет:

$$\alpha/2_{\text{лев}} = (\alpha/2(\text{I}) + \alpha/2(\text{II}))/2.$$

5.5.4. Определить  $\alpha/2(\text{III})$  и  $\alpha/2(\text{IV})$  по вышеизложенной методике. Вычислить:

$$\alpha/2_{\text{прав}} = (\alpha/2(\text{III}) + \alpha/2(\text{IV}))/2.$$

Погрешности половины угла  $\Delta\alpha/2_{\text{лев}}$  и  $\Delta\alpha/2_{\text{прав}}$  получают путем сравнения действительных значений углов с номинальным ( $\alpha/2=30^\circ$ ).

5.6. Рассчитать номинальные значения внутреннего и среднего диаметров резьбы в зависимости от шага (приложение Б, табл. 1).

5.7. Рассчитать предельно допустимые размеры параметров и сделать заключение о годности.

5.7.1. Для болта выбрать значения предельных отклонений (приложение Б, табл. 2) и рассчитать предельно допустимые размеры и допуски диаметров резьбы:

$$d_{1\text{max}} = d_1 + es;$$

$$Td_2 = es - ei_{d2};$$

$$d_{1\text{min}}, Td_1 - \text{не нормируются};$$

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

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

$$d_{\text{min}} = d + ei_d;$$

$$d_{2\text{min}} = d_2 + ei_{d2};$$

$$Td = es - ei_d.$$

5.7.2. Рассчитать предельно допустимые значения:

$$\begin{aligned} &\text{- шага резьбы: } P_{\text{max}} = P + \Delta P_B \\ &P_{\text{min}} = P + \Delta P_H' \end{aligned}$$

где  $\Delta P_B$  и  $\Delta P_H$  – верхнее и нижнее предельные отклонения шага, соответственно (приложение Б, табл. 3);

$$\begin{aligned} &\text{- угла наклона боковой стороны профиля: } \frac{\alpha}{2}_{\text{max}} = \frac{\alpha}{2} + \Delta \frac{\alpha}{2} B \\ &\frac{\alpha}{2}_{\text{min}} = \frac{\alpha}{2} + \Delta \frac{\alpha}{2} H' \end{aligned}$$

где  $\Delta \frac{\alpha}{2} B$  и  $\Delta \frac{\alpha}{2} H$  – верхнее и нижнее предельные отклонения, соответственно (приложение Б, табл. 3).

5.6.3. Определить годность каждого измеренного параметра по попаданию его действительного размера в границы, установленные предельно допустимыми размерами.

## 6 Контрольные вопросы

6.1 Назовите основные параметры резьбы.

6.2 Какой диаметр резьбы называют средним?

6.3 Что такое шаг резьбы?

6.4 Какие диаметры резьбы нормируются двумя предельными отклонениями?

6.5 На какие диаметры резьбы устанавливается только одно предельное отклонение? Какое?

6.6 Как обозначается поле допуска резьбовой детали?

6.7 Назовите метод измерений параметров резьбовой детали на инструментальном микроскопе.

6.8 Каковы метрологические характеристики БМИ?

6.9 На какой угол и для чего наклоняют колонку микроскопа при измерении шага резьбы?

6.10 Почему измеряют половину угла профиля резьбы, а не весь угол?

6.11 В каком свете – проходящем или отраженном – проводят измерения на БМИ?

6.12 Назовите основные узлы и детали микроскопа БМИ.

6.13 Каким способом можно компенсировать погрешность измерений, вызванную несоосностью направления перемещения стола микроскопа и оси резьбы?

6.14 Как рассчитать предельно допустимые размеры и допуски параметров резьбы?

6.15 Как оценить годность измеренного параметра?

## **7 Рекомендуемая литература**

7.1 Аристов А.И. Метрология, стандартизация, сертификация. Учебник. – М.:Изд.центр «Академия»,2008г.

7.2 Анухин В.И. Допуски и посадки. Уч.пособие. – СПб.: Питер, 2006.

7.3 Белкин И. М. Допуски и посадки. М.: Машиностроение, 1992.

7.4 Допуски и посадки. Справочник./Под ред. В. Д. Мягкова Л.: Машиностроение, 1982, ч. 1, 2.

## **Приложение А**

### **Форма отчета**

1. Цель работы.

2. Оборудование.

3. Метрологические характеристики инструментального микроскопа.

4. Номинальные значения и предельные отклонения параметров измеряемой резьбы:

- средний диаметр\_\_\_\_\_;

- шаг\_\_\_\_\_;

- половина угла профиля\_\_\_\_\_.

5. Результаты измерений параметров метрической резьбы.

6. Схема измерений параметров резьбы.

7. Результаты измерений.

Таблица 1 – Результаты измерений среднего диаметра

Показания прибора, мм			
Отсчеты	по левой стороне	по правой стороне	Измеренный $d_2$
I			
II			
Разность	$d_{2\text{лев}}$	$d_{2\text{прав}}$	Рассчитанный $d_2$

Таблица 2 - Результаты измерений шага

Показания прибора, мм			
Отсчеты	по левой стороне	по правой стороне	Измеренный $P_n$
I			
II			
Разность	$P_n \text{ лев}$	$P_n \text{ прав}$	Рассчитанный $P$

Таблица 3 - Результаты измерений половины угла профиля

Показания прибора		Рассчитанные значения
$\alpha/2(I) =$	$\alpha/2(II) =$	$\alpha/2\text{лев} =$
$\alpha/2(III) =$	$\alpha/2(IV) =$	$\alpha/2\text{прав} =$

## Приложение Б

Таблица 1 – Расчет номинальных размеров среднего и внутреннего диаметров метрической резьбы

Шаг резьбы $P$ , мм	Диаметр резьбы, мм		Шаг резьбы $P$ , мм	Диаметр резьбы, мм	
	средний ( $d_2, D_2$ )	внутренний ( $d_1, D_1$ )		средний ( $d_2, D_2$ )	внутренний ( $d_1, D_1$ )
0.20	$d-1+0.870$	$d-1+0.783$	1.25	$d-1+0.188$	$d-2+0.647$
0.25	$d-1+0.838$	$d-1+0.730$	1.50	$d-1+0.026$	$d-2+0.376$
0.30	$d-1+0.805$	$d-1+0.675$	1.75	$d-2+0.863$	$d-2+0.106$
0.35	$d-1+0.773$	$d-1+0.621$	2.00	$d-2+0.701$	$d-3+0.835$
0.40	$d-1+0.740$	$d-1+0.567$	2.50	$d-2+0.376$	$d-3+0.284$
0.45	$d-1+0.708$	$d-1+0.513$	3.00	$d-2+0.051$	$d-4+0.752$
0.50	$d-1+0.675$	$d-1+0.459$	3.50	$d-3+0.727$	$d-4+0.211$
0.60	$d-1+0.610$	$d-1+0.350$	4.00	$d-3+0.402$	$d-5+0.670$
0.70	$d-1+0.546$	$d-1+0.242$	4.50	$d-3+0.077$	$d-5+0.129$
0.75	$d-1+0.513$	$d-1+0.188$	5.00	$d-4+0.752$	$d-6+0.587$
0.80	$d-1+0.480$	$d-1+0.134$	5.50	$d-4+0.428$	$d-6+0.046$
1.00	$d-1+0.350$	$d-2+0.918$	6.00	$d-4+0.103$	$d-7+0.505$

Таблица 2 – Предельные отклонения диаметров резьбы

d, мм	P, мм	Поля допусков															
		6h		6g			6f			6e			6d				
		Отклонения, мкм															
		ei		es	ei		es	ei		es	ei		es	ei			
d <sub>2</sub>	d	d,d <sub>2</sub> ,d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d	d,d <sub>2</sub> ,d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d	d,d <sub>2</sub> ,d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d	d,d <sub>2</sub> ,d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d	d,d <sub>2</sub> ,d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d	
Св.5,6 до11,2	0,25	-63	-67	-18	-81	-85	-33	-96	-100	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	-71	-85	-19	-90	-104	-34	-105	-119	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	-85	-106	-20	-105	-126	-36	-121	-142	-50	-135	-156	—	—	—	—	—
	0,75	-100	-140	-22	-122	-162	-38	-138	-178	-56	-156	-196	—	—	—	—	—
	1	-112	-180	-26	-138	-206	-40	-152	-220	-60	-172	-240	-90	-202	-270	—	—
	1,25	-118	-212	-28	-146	-240	-42	-160	-254	-63	-181	-275	-95	-213	-307	—	—
	1,5	-132	-236	-32	-164	-268	-45	-177	-281	-67	-199	-303	-95	-227	-331	—	—
Св. 11,2 до 22,4	0,35	-75	-85	-19	-94	-104	-34	-109	-119	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	-90	-106	-20	-110	-126	-36	-126	-142	-50	-140	-156	—	—	—	—	—
	0,75	-106	-140	-22	-128	-162	-38	-144	-178	-56	-162	-196	—	—	—	—	—
	1	-118	-180	-26	-144	-206	-40	-158	-220	-60	-178	-240	-90	-208	-270	—	—
	1,25	-132	-212	-28	-160	-240	-42	-174	-254	-63	-195	-275	-95	-227	-307	—	—
	1,5	-140	-236	-32	-172	-268	-45	-185	-281	-67	-207	-303	-95	-235	-331	—	—
	1,75	-150	-265	-34	-184	-299	-48	-198	-313	-71	-221	-336	-100	-250	-365	—	—
	2	-160	-280	-38	-198	-318	-52	-212	-332	-71	-231	-351	-100	-260	-380	—	—
2,5	-170	-335	-42	-212	-377	-58	-228	-393	-80	-250	-415	-106	-276	-441	—	—	
Св. 22,4 до 45	0,5	-95	-106	-20	-115	-126	-36	-131	-142	-50	-145	-156	—	—	—	—	—
	0,75	-112	-140	-22	-134	-162	-38	-150	-178	-56	-168	-196	—	—	—	—	—
	1	-125	-180	-26	-151	-206	-40	-165	-220	-60	-185	-240	-90	-215	-270	—	—
	1,5	-150	-236	-32	-182	-268	-45	-195	-281	-67	-217	-303	-95	-245	-331	—	—
	2	-170	-280	-38	-208	-318	-52	-222	-332	-71	-241	-351	-100	-270	-380	—	—
	3	-200	-375	-48	-248	-423	-63	-263	-438	-85	-285	-460	-112	-312	-487	—	—
	3,5	-212	-425	-53	-265	-478	—	—	—	-90	-302	-515	-118	-330	-543	—	—
	4	-224	-475	-60	-284	-535	—	—	—	-95	-319	-570	-125	-349	-600	—	—
4,5	-236	-500	-63	-299	-563	—	—	—	-100	-336	-600	-132	-368	-632	—	—	
Св.45 до 90	0,5	-100	-106	-20	-120	-126	-36	-136	-142	-50	-150	-156	—	—	—	—	—
	0,75	-118	-140	-22	-140	-162	-38	-156	-178	-56	-174	-196	—	—	—	—	—
	1	-140	-180	-26	-166	-206	-40	-180	-220	-60	-200	-240	-90	-230	-270	—	—
	1,5	-160	-236	-32	-192	-268	-45	-205	-281	-67	-227	-303	-95	-255	-331	—	—
	2	-180	-280	-38	-218	-318	-52	-232	-332	-71	-251	-351	-100	-280	-380	—	—
	3	-212	-375	-48	-260	-423	-63	-275	-438	-85	-297	-460	-112	-324	-487	—	—
	4	-236	-475	-60	-296	-535	—	—	—	-95	-331	-570	-125	-361	-600	—	—
	5	-250	-530	-71	-321	-601	—	—	—	-106	-356	-636	-132	-382	-662	—	—
	5,5	-265	-560	-75	-340	-635	—	—	—	-112	-377	-672	-140	-405	-700	—	—
6	-280	-600	-80	-360	-680	—	—	—	-118	-398	-718	-150	-430	-750	—	—	

Таблица 3 – Отклонения шага и угла наклона боковой стороны профиля

Шаг Р, мм	Отклонения шага, мкм	Отклонения угла наклона боковой стороны профиля, угл. мин
0,8; 1; 1,25	±12	±50
1,5; 1,75	±16	±45
2; 2,5	±20	±40
3; 3,5	±24	±35
4; 4,5	±28	±30

## «Нормирование и контроль точности шлицевых соединений»

### 1 Цель работы

Получить навыки по применению правил нормирования и методов контроля параметров деталей шлицевых соединений.

### 2 Задачи

- определить основные характеристики шлицевого соединения;
- построить схемы полей допусков шлицевого соединения;
- выбрать средства измерений для контроля заданных параметров;
- измерить заданные размеры шлицевых деталей;
- дать заключение о годности сопрягаемых деталей и шлицевого соединения в целом.

**3 Оборудование:** комплект средств измерений для контроля параметров шлицевых деталей.

### 4 Основные положения

Шлицевыми соединениями называются соединения, состоящие из охватывающей (втулки) и охватываемой (вала) поверхностей, имеющих продольные, расположенные параллельно оси соединения и по окружности шлицы прямобочного, эвольвентного или треугольного профиля (рис.1).

Наиболее широко распространены прямобочные шлицевые соединения с четным числом шлиц.

Шлицевые соединения характеризуются тремя основными размерными параметрами: наружным диаметром  $D$ , внутренним диаметром  $d$ , шириной паза втулки и шириной шлица  $b$ .

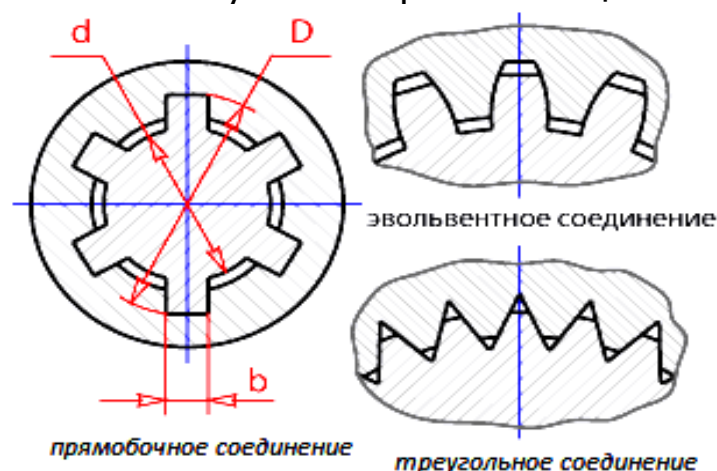


Рисунок 1. Виды шлицевых соединений

Одним из основных показателей точности шлицевых соединений

является центрирование сопрягаемых деталей. Существуют три способа центрирования: по наружному диаметру  $D$  (рис.2,а); по внутреннему диаметру  $d$  (рис.2,б); по боковым сторонам зубьев  $b$  (рис.2,в).

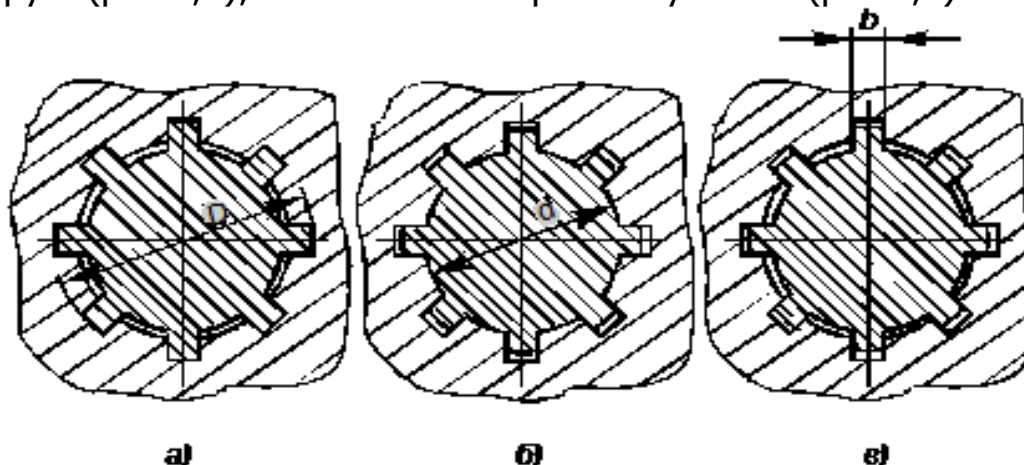


Рисунок 2. Способы центрирования шлицевых соединений.

Обозначение шлицевого соединения включают число зубьев  $z$ , номинальные размеры  $d$ ,  $D$  и  $b$  (ГОСТ 1139-80 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски), обозначение поверхности центрирования и посадки по сопрягаемым поверхностям.

Пример условного обозначения шлицевого соединения с числом зубьев  $z = 6$ , внутренним диаметром  $d = 28$  мм, наружным диаметром  $D = 34$  мм, шириной зуба  $b = 7$  мм, с центрированием по внутреннему диаметру, с посадкой по диаметру центрирования  $H7/f7$  и по размеру  $b - D9/f8$ :

$d - 6 \times 28 H7/f7 \times 34 H12/a11 \times 7 D9/f8$ .

При центрировании по наружному диаметру с посадкой по диаметру центрирования  $H8/h7$  и по размеру  $b - F10/h9$ :

$D - 6 \times 28 \times 34 H8/h7 \times 7 F10/h9$ .

При центрировании по боковым сторонам профиля:

$b - 6 \times 28 \times 34 H12/a11 \times 7 D9/h8$ .

## 5 Порядок выполнения работы

### 5.1 Расчет параметров шлицевого соединения

Задание. Рассчитать предельные размеры, основные характеристики и допуски элементов шлицевого соединения:

$d - 6 \times 18 H7/f7 \times 22 H12/a11 \times 5 D9/h9$ .

Расчет выполнить в следующем порядке:

5.1.1. Определить верхнее (ES) и нижнее (EI) предельные отклонения основного отверстия номинального размера  $d$  [2, табл.1.27, с.79].

5.1.2. Определить верхнее (es) и нижнее (ei) предельные



отклонения вала номинального размера ***d*** [2, табл. 1.28, с.80].

5.1.3. Записать значения предельных отклонений в таблицу 1 протокола (графы 2-3).

5.1.4. Рассчитать предельные характеристики посадки по выбранным предельным отклонениям сопрягаемых деталей:

$$S_{\max} = ES - ei ; S_{\min} = EI - es .$$

5.1.5. Рассчитать допуск посадки:

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} .$$

5.1.6. Рассчитать предельные размеры и допуски сопрягаемых деталей:

- для отверстия:

$$D_{\max} = D + ES ; D_{\min} = D + EI ; T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI .$$

- для вала:

$$d_{\max} = d + es ; d_{\min} = d + ei ; T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

5.1.7. Для номинальных размеров ***D*** и ***d*** произвести расчет предельных размеров, основных характеристик и допусков по пп.1-6.

5.1.8. Полученные значения предельных размеров элементов сопрягаемых деталей занести в таблицу 1 протокола (графы 4-5).

5.2 Построение схем полей допусков элементов шлицевого соединения

Задание: Построить схемы расположения полей допусков сопрягаемых деталей в рассчитанных посадках.

На схемах обозначить численные значения номинальных размеров, предельных отклонений, предельных размеров, обозначения полей допусков.

5.3 Контроль параметров шлицевого соединения

5.3.1. Выбрать средства измерений для проведения контроля параметров шлицевого соединения, пользуясь методическими указаниями к лабораторной работе №10 «Выбор средств измерений».

5.3.1.1 Определить на основании требований к точности параметров детали допустимые погрешности измерений  $\Delta d$  каждого параметра [3, приложение Г].

5.3.1.2 Рассчитать предельную допустимую погрешность средства измерений контролируемых размеров по формуле:  $\Delta_{\text{си}} = 0,65 \Delta d$ .

5.3.1.3 Выбрать комплект измерительных средств для контроля заданных параметров детали [3, приложение Д].

5.3.2. Выполнить измерения каждого контролируемого параметра детали в трех сечениях, в каждом из которых – в двух взаимно

перпендикулярных направлениях. Результаты занести в табл. 1 отчета (графа 6).

5.3.3. Рассчитать средние арифметические результатов измерений по каждому из параметров. Значения занести в табл. 1 (графа 7).

5.3.4. Сравнить результаты измерений с предельно допустимыми размерами.

5.3.5. Дать заключение о годности сопрягаемых деталей по каждому контролируемому параметру. Результаты занести в табл. 1 (графа 8).

5.3.6. Сделать заключение о годности контролируемого соединения.

## **6 Форма отчета**

6.1 Цель работы.

6.2 Расчет точности шлицевого соединения.

6.3 Схемы полей допусков.

6.4 Расчет и выбор средств измерений.

6.5 Результаты контроля параметров шлицевого соединения (табл.1).

Таблица 1 – Результаты контроля шлицевых соединений

Контролируемый параметр	Предельные отклонения		Предельные размеры		Результаты измерения						Ср. знач.	Вывод о годности
	Верх.	Нижн.	max	min	1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4	5	6						7	8
18H7												
18f7												
22H12												
22a11												
5D9												
5h9												

6.6 Вывод.

## **7 Контрольные вопросы**

7.1 Что такое шлицевое соединение?

7.2 Виды шлицевых соединений.

7.3 Какими параметрами характеризуют шлицевые соединения?

7.4 Виды центрирования шлицевых соединений.

7.5 Обозначение шлицевых соединений.

7.6 Как контролируются шлицевые соединения?

## **8 Литература**

8.1 Теория и практика нормирования точности в машиностроении: учебное пособие/И.Г. Кошлякова, О.Ю.Сорочкина, Е.Н. Закалин. – Ростов н/Д: издательский центр ДГТУ, 2013.-241с.

8.2 Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д.Мягков и др.-Л.:

Машиностроение. Ленингр. Отд. 1982. - 4.1.

8.3 Методические указания к лабораторной работе №10 «Выбор средств измерений». – Т.В.Атоян, И.Г. Кошлякова. - Ростов н/Д: издательский центр ДГТУ, 2014.

## «Нормирование и контроль шпоночных соединений»

### 1 Цель работы

Овладеть правилами нормирования точности параметров шпоночных соединений, методами и средствами контроля деталей шпоночных соединений.

### 2 Оборудование

2.1 Шпоночное соединение: шпонка, вал и втулка.

2.2 Средства измерений, необходимые для определения годности деталей шпоночных соединений, выбираются по основной погрешности после расчета допустимой погрешности измерения.

### 3 Основные положения

3.1 Назначение шпоночных соединений

Шпоночные соединения применяют для соединения деталей машин (зубчатых колес, шкивов, муфт, роликов и др.) с валами при высоких требованиях к точности центрирования соединяемых деталей.

Шпонки служат для передачи крутящего момента, предотвращения проворачивания втулки на валу, обеспечения перемещения втулки вдоль вала или фиксации взаимного положения деталей в сборочной единице. С их помощью достигается сравнительно легкая разборка и сборка узла.

В машиностроении наибольшее применение получили соединения с призматическими шпонками.

Размеры шпонок и сечений пазов, допуски и посадки регламентируются ГОСТ 23360-78 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки»/7.1/.

Основными размерами призматических шпонок являются ширина  $b$ , высота  $h$  и длина  $l$ . Стандарт предусматривает три исполнения шпонок, которые приведены на рис. 1. На рис. 2 представлено соединение с призматическими шпонками.



Рисунок 1. Виды исполнения призматических шпонок

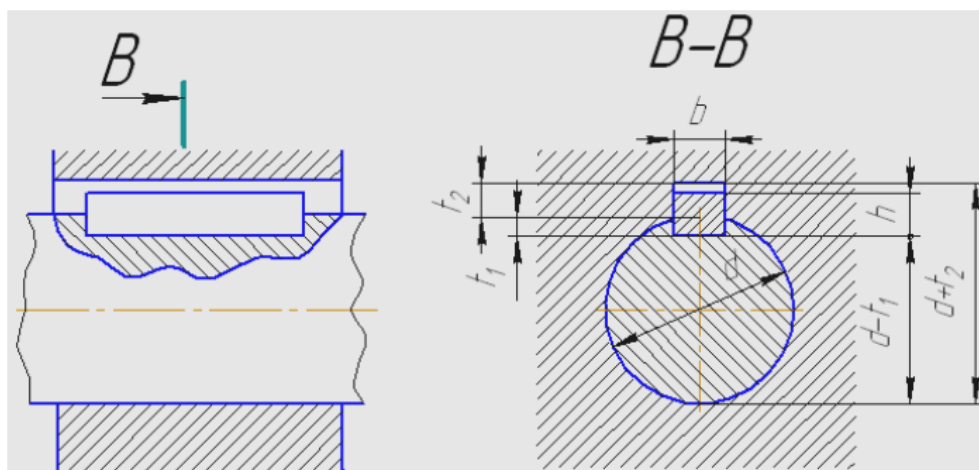


Рисунок 2. Соединение с призматической шпонкой

Посадочным размером шпонки является ширина – размер  $b$ , который принимается за номинальный размер шпоночного соединения. Все остальные размеры шпоночного соединения кроме  $b$  являются непосадочными размерами.

Посадки шпоночных соединений по всем размерам выполняются в системе вала. Стандартом для призматических шпонок по ширине  $b$  предусмотрено три вида соединений: свободное, нормальное и плотное, которые выбирают в зависимости от функционального назначения соединения с учетом технологии сборки.

В условном обозначении призматической шпонки указывают вид исполнения (кроме свободного соединения), ее размеры и стандарт. Например, условное обозначение для шпонки с размерами  $b=20$  мм,  $h=12$  мм,  $l=110$  мм: шпонка 20×12×110 ГОСТ 23360–78.

### 3.2 Пример нормирования параметров шпоночного соединения.

Задание: Для шпоночного соединения с призматической шпонкой выбрать геометрические размеры и посадки соединения. Производство – массовое, соединение – нормальное.

$d=18$  мм,  $l=20$  мм.

3.2.1 Определяем по таблице 1 номинальные размеры деталей шпоночного соединения /7.1/.

Шпонка 6 х 6 х 20 ГОСТ 23360 – 78:

ширина шпонки -  $b = 6$  мм,

высота шпонки -  $h = 6$  мм,

длина шпонки -  $l = 20$  мм,

глубина паза вала –  $t_1 = 3,5$  мм,

глубина паза втулки –  $t_2 = 2,8$  мм,

Шпонка 6 х 6 х 20 ГОСТ 23360 – 82.

Таблица 1 – Геометрические размеры шпоночного соединения

Диаметр вала d	Номинальные размеры шпонки			Номинальная глубина паза	
	b×h	Интервалы длин /		на валу t <sub>1</sub>	во втулке t <sub>2</sub>
		от	до		
Св. 6 до 8	2×2	6	20	1,2	1,0
Св. 8 до 10	3×3	6	36	1,8	1,4
Св. 10 до 12	4×4	8	45	2,5	1,8
Св. 12 до 17	5×5	10	56	3,0	2,3
Св. 17 до 22	6×6	14	70	3,5	2,8
Св. 22 до 30	8×7	18	90	4,0	3,3
Св. 30 до 38	10×8	22	110	5,0	3,3
Св. 38 до 44	12×8	28	140	5,0	3,3
Св. 44 до 50	14×9	36	160	5,5	3,8
Св. 50 до 58	16×10	45	180	6,0	4,3

3.2.2 По таблице 2 выбираем посадки по b для соединений: паз вала - шпонка - 6N9/h9; паз втулки - шпонка 6Js9/h9 /7.1/.

Таблица 2 – Поля допусков на сопрягаемые размеры шпоночных соединений

Характер соединения	Поля допусков размеров b		
	шпонка	паз вала	паз втулки
Свободное	h9	H9	D10
Нормальное	h9	N9	Js9
Плотное	h9	P9	P9

3.2.3 Рассчитываем основные характеристики соединений.

3.2.3.1 Выполняем расчет по ширине паза вала 6N9.

Верхнее отклонение ES = 0;

Нижнее отклонение EI = -0,030 мм;

Наибольший предельный размер D<sub>max</sub> = D + ES = 6 + 0 = 6 мм;

Наименьший предельный размер D<sub>min</sub> = D + EI = 6 + (-0,030) = 5,970 мм;

Допуск ширины паза TD = D<sub>max</sub> - D<sub>min</sub> = ES - EI = 0 - (-0,030) = 0,030 мм.

3.2.3.2 Выполняем расчет по ширине шпонки 6h9

Верхнее отклонение es = 0;

Нижнее отклонение ei = -0,030 мм;

Наибольший предельный размер d<sub>max</sub> = d + es = 6 + 0 = 6 мм;

Наименьший предельный размер d<sub>min</sub> = d + ei = 6 + (-0,030) = 5,970 мм;

Допуск ширины шпонки Td = d<sub>max</sub> - d<sub>min</sub> = es - ei = 0 - (-0,030) = 0,030 мм.

3.2.3.3 Выполняем расчет по ширине паза втулки 6Js9.

Верхнее отклонение ES = 0,015 мм;

Нижнее отклонение EI = -0,015 мм;

Наибольший предельный размер Dmax = D + ES = 6 + 0.015 = 6,015 мм;

Наименьший предельный размер Dmin = D + EI = 6 + (-0,015) = 5,985 мм;

Допуск ширины паза TD = Dmax - Dmin = ES - EI = 0,015 - (-0,015) = 0,030 мм.

3.2.3.4 Рассчитываем основные характеристики посадки шпонки в паз на валу.

6N9/h9 – посадка переходная.

Наибольший предельный зазор

Smax = Dmax - dmin = ES - ei = 6 - 5,970 = 0,030 мм;

Наибольший предельный натяг

Nmax = dmax - Dmin = es - EI = 6 - 5,970 = 0,030 мм;

Допуск переходной посадки

T<sub>S,N</sub> = Smax + Nmax = 0,030 + 0,030 = 0,060.

3.2.3.5 Рассчитываем основные характеристики посадки шпонки в паз во втулке.

6Js9/h9 – посадка переходная

Наибольший предельный зазор

Smax = Dmax - dmin = ES - ei = 6,015 - 5,970 = 0,045 мм;

Наибольший предельный натяг

Nmax = dmax - Dmin = es - EI = 6 - 5,850 = 0,015 мм;

T<sub>S,N</sub> = Smax + Nmax = 0,045 + 0,015 = 0,060.

3.2.3.6 Строим схему расположения полей допусков (рисунок 3).

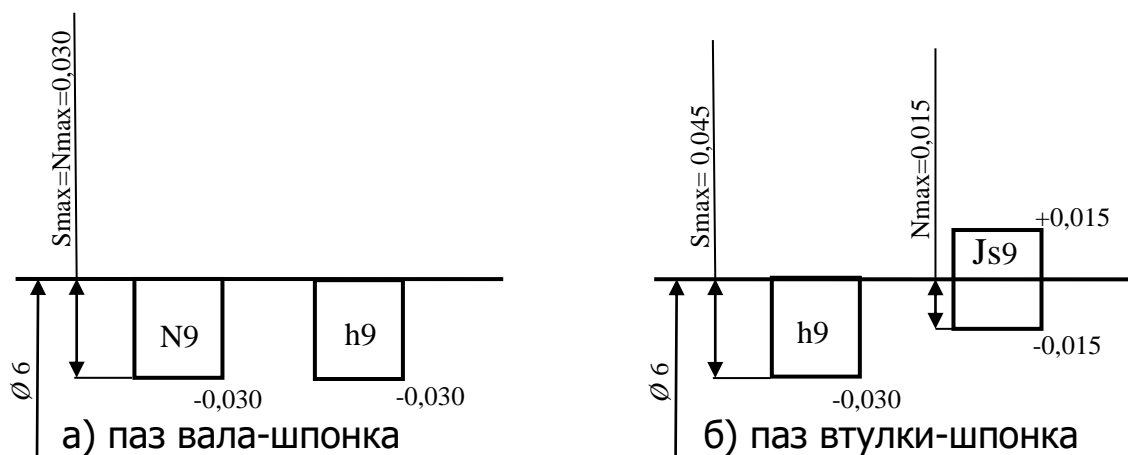


Рисунок. 3. Схема расположения полей допусков:

а) паз вала-шпонка; б) паз втулки-шпонка

3.2.3.6 Графически изображаем шпоночное соединение (рисунок 4)

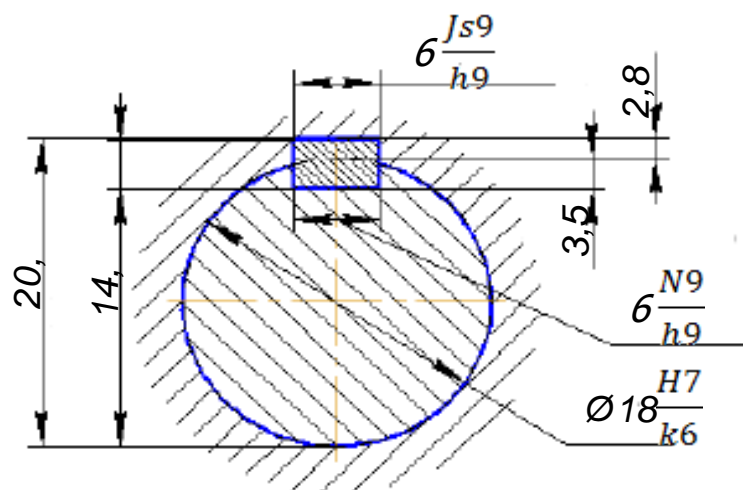


Рисунок 4. Шпоночное соединение

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Для выданного шпоночного соединения с призматической шпонкой, содержащего вал, шпонку и втулку выбрать геометрические размеры и посадки соединения. Производство – массовое, соединение – нормальное.

4.1.1 Рассчитать номинальные размеры деталей шпоночного соединения по диаметру вала.

4.1.2 Определить предельные отклонения и величины допусков вала, шпонки и втулки.

4.1.3 Рассчитать основные характеристики посадок «паз вала – шпонка» и «паз втулки – шпонка».

4.1.4 Построить схему расположения полей допусков и графически изобразить шпоночное соединение.

4.2 Выбрать средства измерений, необходимые для определения годности деталей шпоночных соединений, пользуясь методическими указаниями к лабораторной работе №10 «Выбор средств измерений».

4.3 Измерить ширину шпонки, ширину паза вала и втулки. Результаты занести в табл. 3.

4.4 Сравнить результаты измерений с предельными размерами. Дать заключение о годности деталей по контролируемым параметрам.

#### 5 Форма отчета

5.1 Цель работы.

5.2 Расчет шпоночного соединения.

5.3 Результаты измерений (табл. 3)

5.4 Вывод.



Таблица 3 – Результаты измерений

Деталь	Контр. размер, мм	Предельные размеры, мм		Результаты измерений, мм			Среднее значение, мм
		max	min	1	2	3	
1. Шпонка							
2.Вал							
3.Втулка							

## 6 Контрольные вопросы

6.1 Для каких целей применяют шпоночные соединения?

6.2 С какими полями допусков изготавливаются размеры призматических шпонок?

6.3 В какой системе изготавливаются посадки шпоночных соединений?

6.5 Приведите примеры обозначения призматической шпонки в технической документации.

6.6 Как и чем контролируется годность деталей шпоночного соединения?

## 7 Рекомендуемая литература

7.1 ГОСТ 23360-82 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки»

7.2 И.Г. Кошлякова, О.Ю. Сорочкина, Е.Н. Закалин. Теория и практика нормирования точности в машиностроении. Учебное пособие.- Ростов н/Д: Изд. ДГТУ, 2013.

7.3 Т.В. Атоян, И.Г. Кошлякова. Методические указания к лабораторной работе №10 «Выбор средств измерений для». –Ростов н/Д: Изд ДГТУ, 2014.

7.4 Допуски и посадки. Справочник. Под ред. В.Д. Мягкова. –Л.: Машиностроение, 1982. Ч.1.

**«Измерение смещений исходного контура зубчатого колеса  
с помощью зубомера смещения»**

**1 Цель работы:**

Ознакомление с методикой контроля норм бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах – смещения исходного контура с помощью зубомера смещения.

**2 Оборудование и инструменты**

2.1 Зубомер смещения (тангенциальный зубомер) модели 23500.

2.2 Установочный ролик.

2.3 Призма.

2.4 Измеряемое зубчатое колесо.

**3 Общие положения**

3.1 Показатели точности и виды сопряжения зубчатых колес

ГОСТ 1643-81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» /8.1/ устанавливает 12 степеней точности зубчатых колес, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1, 2, 3, 4, . . . , 12. Допуски зубчатых колес нормируются для степеней с 3 по 12 включительно.

Для каждой степени точности предусмотрено отдельно три вида норм:

- нормы кинематической точности;
- нормы плавности работы;
- нормы контакта зубьев в передаче.

Все эти три вида норм могут комбинироваться и назначаться из различных степеней точности.

Независимо от степеней точности стандарт устанавливает шесть видов сопряжения зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке уменьшения гарантированного бокового зазора А, В, С, D, Е, Н. Точность изготовления цилиндрических зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по боковому зазору.

Например, обозначение 10–8–7–В ГОСТ 1643-81 означает, что колесо имеет 10-ю степень по нормам кинематической точности; 8-ю степень – по нормам плавности; 7-ю степень – по нормам контакта зубьев в передаче; вид сопряжения – В.

В /8.1/ представлены допустимые отклонения элементов, влияющих на величину гарантированного бокового зазора. Таким образом, если эти элементы будут соответствовать требованиям стандарта, то гарантируется, что боковой зазор будет не меньше определенной величины. Показателем, характеризующим влияние на

боковой зазор одного отдельного колеса, является смещение исходного контура или отклонение измерительного расстояния.

### 3.2 Исходный контур. Смещение исходного контура

Под исходным контуром эвольвентных зубчатых колес понимается рейка данного модуля  $m$  и профильного угла  $\alpha$ , имеющая прямолинейные боковые стороны. На делительной прямой такого контура толщина зуба равна ширине впадины и равна половине шага, т.е.  $\pi \cdot m / 8.2/$  (рисунок 1).

ГОСТ 13755-81 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур» /8.2/ устанавливает следующие параметры и коэффициенты исходного контура:

- $h_a$  – высота делительной головки зуба;
- $h_a^*$  – коэффициент высоты головки;
- $h_f$  – высота делительной ножки зуба;
- $h_f^*$  – коэффициент высоты ножки;
- $h_j$  – граничная высота зуба;
- $h_j^*$  – коэффициент граничной высоты;
- $c$  – радиальный зазор;
- $c^*$  – коэффициент радиального зазора;
- $Q_f$  – радиус кривизны переходной кривой;
- $Q_f^*$  – коэффициент радиуса кривизны переходной кривой;
- $\alpha$  – угол профиля исходного контура.

Стандарт регламентирует следующие значения:

$$\alpha = 20^\circ; h_a^* = 1,0; h_f^* = 1,2; c^* = 0,2; h_j^* = 2,0; Q_f^* \leq 0,30.$$

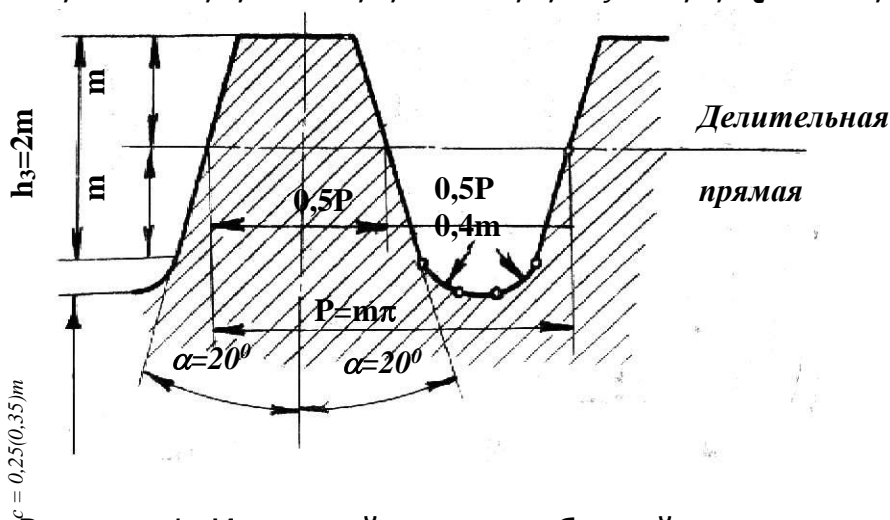


Рисунок 1. Исходный контур зубчатой передачи

Исходный контур, изображенный на рисунке 1, лежит в основе стандартов, определяющих геометрию зубчатых колес и зуборезного инструмента.

Technical drawing of a gear blank cross-section. The drawing shows the profile of the teeth and the mean line of the original contour. The following dimensions and labels are present:

- $S = 0,5\pi \cdot m$ : Addendum thickness at the pitch circle.
- $\alpha$ : Pressure angle.
- $h = (0,5 \cdot m \cdot z)$ : Nominal distance from the axis of the original contour to the axis of the wheel.
- Средняя линия исходного контура: Mean line of the original contour.
- Заготовки: Blanks.
- Обтаченного колеса: Ground wheel.

36

Колесо, зубья которого образованы в станочном зацеплении, характеризуемом касанием делительной окружности колеса  $d'$  и делительной прямой исходной рейки (при номинальном положении рейки), называется колесом без смещения исходного контура. Если делительная прямая исходного контура не касается или пересекает делительную окружность колеса, то такое колесо называется колесом со смещением исходного контура.

Радиальное положение исходного контура относительно оси колеса полностью определяет толщину зуба колеса, т.е. элемента, оказывающего основное влияние на величину бокового зазора. При удалении исходного контура от оси колеса его зубья получаются толще, при приближении к оси колеса – тоньше.

Связь между радиальным смещением исходного контура  $xm$  и вызываемым им изменением толщины зуба колеса по делительной окружности  $\Delta S$  определится следующей зависимостью:

$$\Delta S = 2 \cdot x \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Если делительная прямая исходного контура отстоит от заготовки на номинальном расстоянии, равном радиусу делительной окружности (рисунок 3), т.е. на  $0,5mz$ , то толщина зуба нарезаемого колеса по делительной окружности  $S$  равна:  $S = 0,5\pi \cdot m$

Такое колесо, будучи в зацеплении с другим колесом, нарезанным при тех же условиях, не дает бокового зазора в зацеплении, т.е. не обеспечивается нормальной работы зубчатой передачи.

Для создания бокового зазора исходному контуру дается наименьшее дополнительное смещение исходного контура  $E_{H_s}$  по направлению к центру заготовки. Кроме того, дается допуск на смещение исходного контура  $T_H$  обеспечивающий предотвращение чрезмерного утонения зубьев. Числовые значения параметров  $E_{H_s}$  и  $T_H$  приведены в табл. 14 и 15 /8.1/. Для зубчатого колеса с параметрами  $m=2,5$  мм,  $z=18$  мм с обозначением 8–D, найдем числовые значения  $E_{H_s}$  и  $T_H$ :

$$E_{H_s} = -0,055 \text{ мм}; \quad T_H = 0,09 \text{ мм}.$$

При этих значениях наибольшее расстояние делительной прямой от оси заготовки равно:  $0,5mz + E_{H_s} = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 40 + (-0,055) = 49,945 \text{ мм};$

наименьшее расстояние делительной прямой от оси заготовки равно:  $0,5mz + E_{H_s} - T_H = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 40 + (-0,055) - 0,09 = 49,855 \text{ мм};$

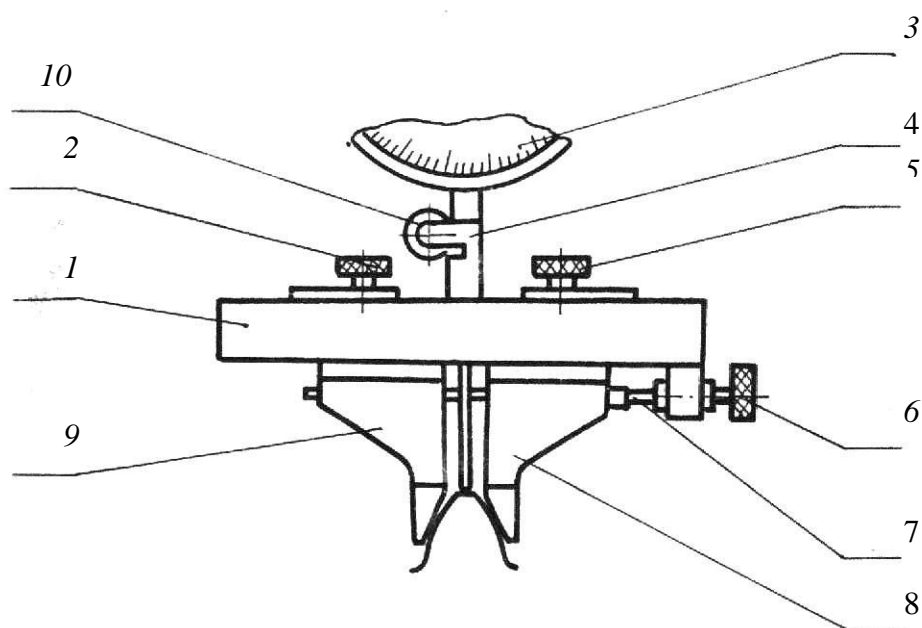


Рисунок 4. Зубомер смещения

### 3.3 Устройство зубомера смещения

Зубомер смещения (тангенциальный зубомер), представленный на рисунке 4, состоит из корпуса 1, к которому прикреплена цанга 4 для установки индикатора 3 с удлиненным наконечником. Измерительные губки 8 и 9 зубомера приводятся в движение винтом 7, на одном конце которого нарезана правая резьба, на другом – левая. Вращая винт 7, изменяют расстояние между измерительными губками. В требуемом положении измерительные губки закрепляются винтами 2 и 5.

### 3.4 Настройка зубомера смещения

Настройка тангенциального зубомера производится по установочному ролику. Размеры ролика (рис. 5) выбираются с таким расчетом, чтобы на расстоянии равном модулю колеса от штифта индикатора, размер между губками равнялся  $S = 0,5\pi \cdot m$ , а показание индикатора – 1 мм.

При профильном угле  $\alpha = 20^\circ$  диаметр ролика  $d_p$  определяется по зависимости  $d_p = 1,204 m$ .

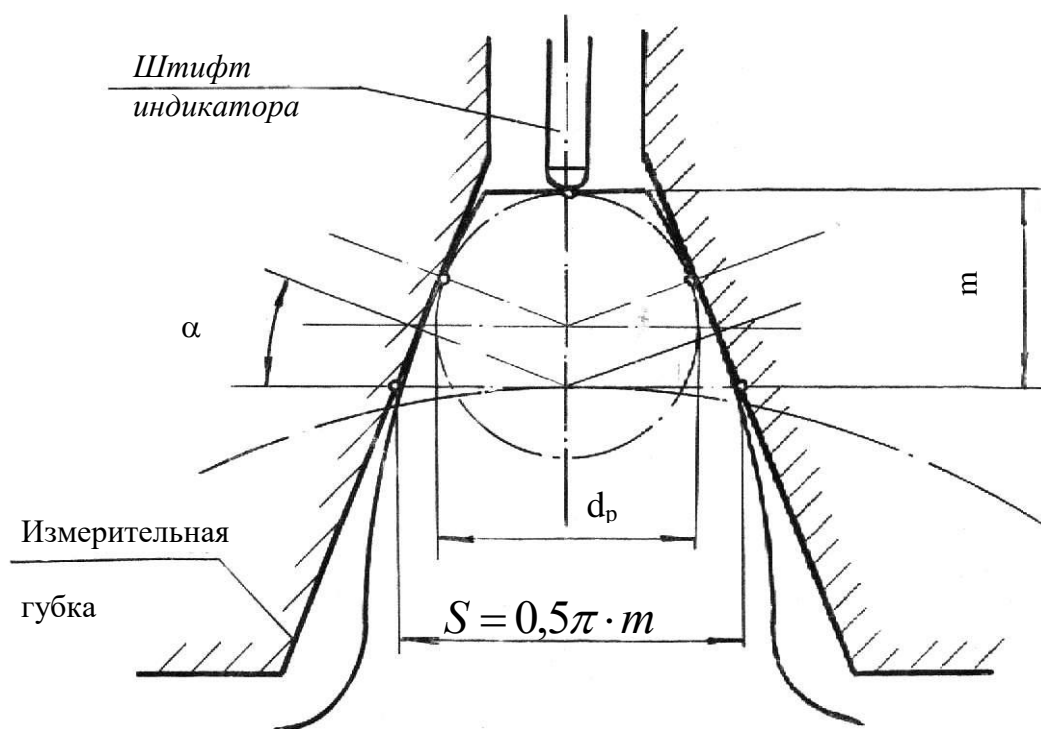


Рисунок 5. Выбор размеров ролика

При установке зубомера по ролику (рис. 6) последний укладывают в призму и устанавливают в нем зубомер так, чтобы он касался опорными поверхностями губок цилиндрической поверхности ролика. Затем перемещают губки прибора с помощью винта 6 (рис. 4) при освобожденных винтах 2 и 5 до тех пор, пока точки контакта между скошенными поверхностями губок и ролика не будут находиться приблизительно посередине губок. В этом положении губки 8 и 9 закрепляются винтами 2 и 5.

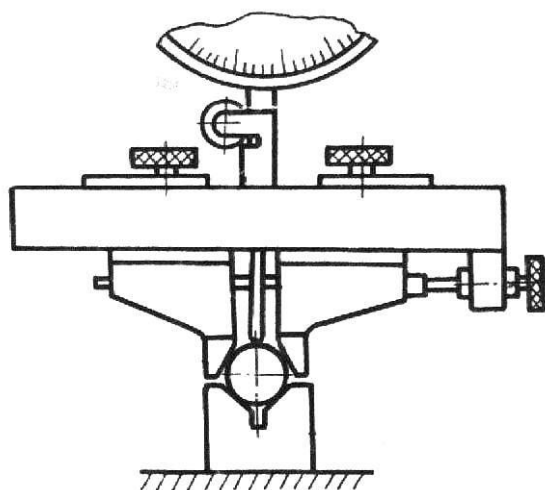


Рисунок 6. Ролик установочный

Отпустив винт крепления индикатора 10, передвигают индикатор 3 в цанговом зажиме до тех пор, пока на миллиметровое (малой) шкале индикатора не появится показание, равное 1 мм. Затем индикатор закрепляется в этом положении винтом 10. Большая стрелка индикатора устанавливается на нуль путем поворота циферблата.

Для измерения зубчатого колеса зубомером смещения прибор устанавливают на проверяемый зуб и, легко покачивая вокруг оси колеса, находят наибольшую величину показания индикатора. При этом контакт боковых поверхностей зуба с опорными измерительными поверхностями губок зубомера должен быть по всей ширине губок.

#### 4 Расчет параметров смещения исходного контура

Допуск на смещение исходного контура  $T_H$  рассчитан для случая измерения этого смещения на базе рабочей оси колеса /8.1/. Измерение же зубомером смещения производится на базе наружного цилиндра зубчатого колеса. Поэтому с целью компенсации радиального биения окружности выступов зубчатого колеса  $F_{da}$  необходимо вводить производственные допуски, т.е. наименьшее дополнительное смещение исходного контура и допуск на это смещение определять по формулам:

$$E_{HSnp} = E_{HS} + 0,35 F_{da} \quad ;$$

$$T_{Hnp} = T_H - 0,7 \cdot F_{da} - |0,5E_{da}| \quad ,$$

где  $E_{da}$  – нижнее предельное отклонение наружного диаметра заготовки (верхнее отклонение равно нулю).

Например, найдем производственные величины  $E_{HSnp}$  и  $T_{Hnp}$  для зубчатого колеса  $z = 60$ ,  $m = 5$  мм,  $a_{\omega} = 200$  мм; обозначение проверяемого колеса 8–7–6–В /8.1/.

Диаметр делительной окружности:  $d = mz = 5 \cdot 60 = 300$  мм.

Наружный диаметр колеса:

$$d_a = d + 2 h_a^* \cdot m = 300 + 2 \cdot 1 \cdot 5 = 310 \text{ мм} ,$$

поле допуска по наружному диаметру принимается  $h8$ .

Для наружного диаметра, равного 310 мм:

$$d_a = 310 h8 (-0,081) \text{ мм} ,$$

т.е. нижнее отклонение наружного диаметра  $E_{da} = -0,081$  мм.

Из табл. 14 /8.1/ в зависимости от вида сопряжения и степени точности по нормам плавности работы находим:  $E_{HS} = -250$  мкм.



Из табл. 6 /8.1/ в зависимости от степени по нормам кинематической точности находим допуск на радиальное биение зубчатого венца:

$$F_r = 71 \text{ мкм}.$$

Из табл. 15 /8.1/ в зависимости от вида сопряжения находим допуск на смещение исходного контура:  $T_H = 200 \text{ мкм}$ .

Радиальное биение окружности выступов не должно превышать  $0,25 T_H$ , т.е.  $F_{da} = 50 \text{ мкм}$ .

Рассчитаем производственные допуски:

$$|E_{HSnp}| = |E_{HS}| + 0,35 F_{da} = 250 + 0,35 \cdot 50 = 267,5 \text{ мкм}$$

$$T_{Hnp} = T_H - 0,7 \cdot F_{da} - |0,5 E_{da}| = 200 - 0,7 \cdot 50 - |0,5 \cdot 81| = 164,5 \text{ мкм}$$

## **5 Содержание работы**

5.1 Ознакомиться с конструкцией зубомера смещения.

5.2 Выполнить необходимые расчеты, произвести настройку зубомера смещения.

5.3 Произвести измерения смещения исходного контура зубчатого колеса и дать заключение о его годности.

5.4 Оформить отчет.

## **6 Порядок выполнения работы**

6.1 В соответствии с параметрами измеряемого колеса находят наименьшее смещение исходного контура  $E_{HS}$  (таблица. 14) /1/. Чтобы найти допуск на смещение исходного контура  $T_H$ , определяют производственный допуск на радиальное биение зубчатого венца  $F_{rr}$  (таблица 6) и в зависимости от него  $T_H$  (таблица 15).

6.2 Определяют допуск на радиальное биение окружности выступов по зависимости:  $F_{da} = 0,25 T_H$ .

6.3 Рассчитывают производственный допуск:

$$E_{HSnp} = E_{HS} + 0,35 F_{da}$$

$$T_{Hnp} = T_{HS} - 0,7 F_{da} - |0,5 E_{da}|$$

где  $E_{da}$  - нижнее предельное отклонение диаметра выступов /8.1/.

6.4 Настраивают прибор на нуль по соответствующему ролику, установив показание на миллиметровой (малой) шкале индикатора равным 1,0мм.

6.5 Измеряют шесть зубьев в различных местах зубчатого колеса. Каждый их зубьев измеряется три раза в одном и том же среднем сечении.

6.6 Дать заключение о годности колеса по толщине зубьев. Зуб считается годным, если фактическое смещение исходного контура для данного зуба укладывается в пределах от  $E_{HSnp}$  до  $(E_{HSnp} - T_{Hnp})$ .

Например, если  $E_{HSnp} = -0,23\text{мм}$ , а  $T_{Hnp} = 0,12\text{мм}$ , то фактическое смещение исходного контура должно лежать в пределах от  $-0,23\text{ мм}$  до  $-0,35\text{ мм}$ .

## **7 Контрольные вопросы**

7.1 Что понимается под исходным контуром?

7.2 Для чего производится смещение исходного контура?

7.2 Расскажите устройство зубомера смещения.

7.3 Как производится настройка зубомера смещения?

7.4 Как производится измерение смещения исходного контура с помощью зубомера смещения?

7.5 Как учитывается при измерении смещения исходного контура радиальное биение окружности выступов зубчатого колеса?

7.6 На основании чего делается заключение о годности зубчатого колеса по толщине зуба?

## **8 Литература**

8.1 ГОСТ 1643-81. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.

8.2 ГОСТ 13755-81 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур».

## **9 Пример отчёта**

Измерить смещение исходного контура зубчатого колеса относительно окружности вершин зубьев с помощью зубомера смещения.

Параметры измеряемого колеса

Число зубьев  $Z = 60$

Модуль  $m = 5\text{мм}$   $\left( m \approx \frac{d}{Z+2} \right)$

Угол профиля зуба рейки  $\alpha = 20^\circ$

Обозначение проверяемого колеса 8-7-6-B /8.1/.

Наименьшее дополнительное смещение исходного контура  $E_{HS} = -0,25\text{мм}$

Допуск на дополнительное смещение исходного контура  $T_H = 0,200\text{ мм}$

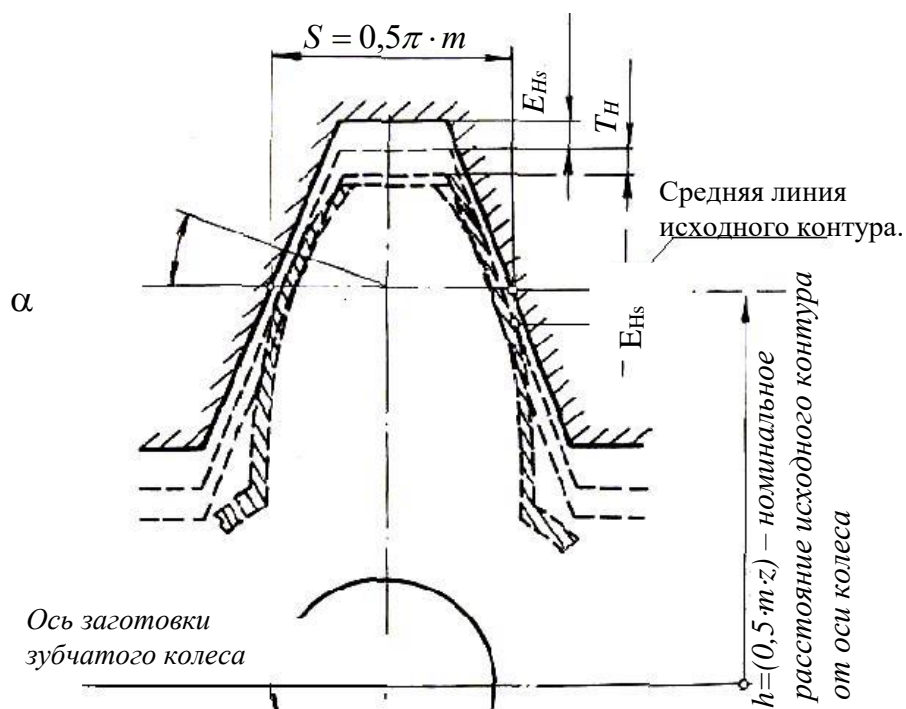


Таблица результатов

Показания индикатора при установке по эталону  $h_{исх.} = 1\text{ мм}$

№ зуб а	Показания по индикатору			Среднее показание $h_{cp}$	Смещение исходного контура для данного зуба $E_H = h_{исх} - h_{cp}$	Заклю- чение о толщине зуба
	1-е измер.	2-е измер.	3-е измер.			
1	1,29	1,28	1,29	1,286	$1 - 1,286 = -0,286$	Годен
2	1,37	1,36	1,37	1,386	$1 - 1,366 = -0,366$	Годен
3	1,37	1,35	1,36	1,360	$1 - 1,360 = -0,360$	Годен
4	1,31	1,30	1,29	1,300	$1 - 1,300 = -0,300$	Годен
5	1,35	1,34	1,35	1,346	$1 - 1,346 = -0,346$	Годен
6	1,32	1,33	1,30	1,317	$1 - 1,317 = -0,317$	Годен

Заклучение о толщине зуба, зависящей от смещения исходного контура, делается на основании условий.

$E_H$	Заклучение о толщине зубьев
$E_{Hs} - T_H < E_H < E_{Hs}$	Зуб годен
$E_H < E_{Hs} - T_H$	Зуб «слишком тонок»
$E_H < E_{Hs}$	Зуб «слишком толст»

Расчет параметров смещения исходного контура.

$$H_{\max} = 0,5mZ + E_{Hs} = 0,5 \cdot 5 \cdot 60 + (-0,25) = 149,75 \text{ мм}$$

$$H_{\min} = 0,5mZ + E_{Hs} - T_H = 0,5 \cdot 5 \cdot 60 + (-0,25) - 0,2 = 149,55 \text{ мм}$$

$$d = mZ = 5 \cdot 60 = 300 \text{ мм}$$

$$d_a = d + 2h_a = 300 + 2 \cdot 1 \cdot 5 = 310 \text{ мм, где } h_a = h_a^* \cdot m$$

$$F_{da} = 0,25 T_H = 0,25 \cdot 0,2 = 0,05 \text{ мм}$$

$$|E_{Hsnp}| = |E_{Hs}| + 0,35 F_{da} = 250 + 0,35 \cdot 50 \approx 268 \text{ мкм}$$

$$H_{np} = T_H - 0,7 F_{da} - |0,5 E_{da}| = 200 - 0,7 \cdot 50 - |0,5 \cdot (0,81)| = 125 \text{ мкм}$$

Зуб колеса считается годным по толщине, если фактическое смещение исходного контура находится в пределах от  $-|E_{Hsnp}|$ , до  $-|E_{Hsnp} + T_{Hnp}|$ , от  $-0,286$  до  $-0,393 \text{ мм}$ .

Русин А.П.  
Лабораторная работа №17  
**«Измерение кинематической погрешности  
зубчатых колес на межосемере»**

**1 Цель работы**

Получить навыки применения методики комплексной проверки зубчатых колес на межосемере; проведения настройки прибора и выполнения измерений.

**2 Объект исследования, оборудование, инструмент:**

- проверяемое зубчатое колесо.
- межосемер завода «Калибр».
- измерительное зубчатое колесо.

**3 Общие положения**

3.1 Показатели точности и виды сопряжения зубчатых колес

ГОСТ 1643-81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» /8.1/ устанавливает 12 степеней точности зубчатых колес, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1, 2, 3, 4, ,12. Допуски зубчатых колес нормируются для степеней точности с 3 по 12.

Для каждой степени предусмотрены три вида норм:

- нормы кинематической точности;
- нормы плавности работы;
- нормы контакта зубьев в передаче.

Независимо от степени устанавливается шесть видов сопряжения зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке уменьшения гарантированного бокового зазора А, В, С, Д, Е, Н.

Точность изготовления цилиндрических зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора. Например, обозначение 6–4–5–В означает, что колесо имеет 6-ю степень по нормам кинематической точности; 4-ю степень точности по нормам плавности; 5-ю степень точности по нормам контакта зубьев в передаче; вид сопряжения – В; колесо с условным обозначением 7–С имеет 7-ю степень точности по всем трем нормам и вид сопряжения С. Кроме того, данный стандарт дает комплексы контролируемых параметров, которые позволяют оценить годность зубчатых колес по всем нормам точности.

Контроль зубчатых колес может быть поэлементным и комплексным. Наиболее производительным является комплексный контроль, при котором выявляется суммарное воздействие погрешностей колеса на его эксплуатационные показатели. К числу приборов, используемых для комплексной проверки зубчатых колес, относится межосемер. Межосемер предназначен для выявления радиальных

составляющих полной кинематической погрешности, т.е. для выявления радиального биения зубчатого венца.

В процессе проверки зубчатых колес на межосемере выявляются следующие показатели:

- $E_{a''sr}$  и  $E_{a''ir}$  – фактические величины верхнего и нижнего отклонений измерительного межосевого расстояния при полном обороте зубчатого колеса (показатель норм бокового зазора);
- $F''_{ir} = E_{a''sr} - E_{a''ir}$  – колебание измерительного межосевого расстояния за полный оборот зубчатого колеса (показатель норм кинематической точности);
- $f''_{ir}$  – колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе (показатель норм плавности работы).

Боковой зазор в передаче определяется в основном толщиной зубьев и величиной межосевого расстояния. Основным элементом, оказывающим влияние на величину бокового зазора, является толщина зубьев.

Для прямозубых и узких косозубых колес размер толщины зуба может быть определен по отклонениям от номинального значения измерительного межосевого расстояния. Предельные отклонения измерительного межосевого расстояния  $E_{a''sr}$  и  $E_{a''ir}$  определяются как разность между допускаемым наибольшим или соответственно наименьшим измерительным и номинальным межосевыми расстояниями.

Под номинальным измерительным межосевым расстоянием понимается расчетное межосевое расстояние при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом, имеющим наименьшее дополнительное смещение исходного контура.

Кинематическая погрешность возникает в процессе обработки зубьев и в основном повторяется на каждом колесе. Главных причин возникновения кинематической погрешности две – погрешность установки колеса на зубообрабатывающем станке и кинематическая погрешность зубообрабатывающего станка. Погрешность установки колеса на станке приводит к появлению радиального биения или к так называемой радиальной составляющей кинематической погрешности, что и контролируется на межосемере.

Радиальное биение проявляется в колебании измерительного межосевого расстояния за полный оборот колеса. Схема расположения предельных отклонений представлена на рисунке 1.

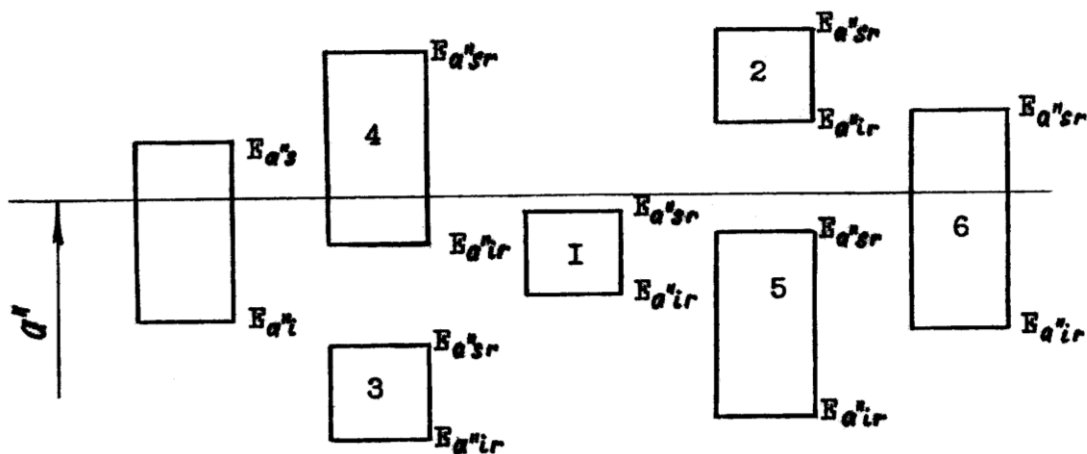


Рисунок 1. Схема расположения предельных отклонений измерительного межосевого расстояния для колес с различной толщиной зубьев

Причиной нарушения плавности и возникновения шума и вибраций являются в основном ошибки шага зацепления и профиля зубьев. Эти ошибки проявляются в колебании измерительного межосевого расстояния на одном зубе. Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса  $F''_{ir}$  и на одном зубе  $f''_{ir}$  это разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом при повороте последнего на полный оборот или соответственно на один зуб.

По данным, полученным с помощью межосеметра, делают заключение о годности проверяемого зубчатого колеса по следующим параметрам: По толщине зуба по отклонениям  $E_{a''sr}$  и  $E_{a''ir}$ . Оценка толщины зубьев проиллюстрирована в таблице 1.

По колебанию измерительного межосевого расстояния за полный оборот зубчатого колеса  $F''_{ir}$  – по радиальному биению, которое является составляющей кинематической погрешности колеса и зависит в основном от погрешности базирования заготовки при зубонарезании. Условие годности колеса по величине  $F''_{ir}$ :  $F''_{ir} < F''_i$ ;

По колебанию измерительного межосевого расстояния на одном зубе  $f''_{ir}$  – отклонениям профиля и шага зацепления. Условие годности колеса по величине  $f''_{ir}$ :  $f''_{ir} < f''_i$  .

Таблица 1 – Параметры для оценки толщины зубьев

№ колеса	Предельные отклонения		Оценка толщины зубьев проверяемого колеса
	$E_{a''sr}$	$E_{a''ir}$	
1	$E_{a''sr} < E_{a''s}$	$E_{a''ir} > E_{a''i}$	Все зубья колеса имеют толщину в пределах допустимой
2		$E_{a''ir} > E_{a''s}$	Все зубья колеса толще, чем положено
3	$E_{a''sr} < E_{a''i}$		Все зубья колеса тоньше, чем положено
4	$E_{a''sr} > E_{a''s}$	$E_{a''s} > E_{a''ir} > E_{a''i}$	Часть зубьев колеса имеет толщину в пределах допустимой, другая часть зубьев толще, чем положено
5	$E_{a''i} < E_{a''sr} < E_{a''s}$	$E_{a''ir} < E_{a''i}$	Часть зубьев колеса имеет толщину в пределах допустимой, другая часть зубьев тоньше, чем положено
6	$E_{a''sr} > E_{a''s}$	$E_{a''ir} < E_{a''i}$	Часть зубьев колеса имеет толщину в пределах допустимой, другая часть толще, чем положено, третья часть тоньше, чем положено

### 3.2 Устройство межосемера

Схема межосемера представлена на рисунке 2. Межосемер состоит из станины 1, на которой располагаются каретки 2 и 4, имеющие базовые оправки 3 и 5 для установки зубчатых колес.

Проверяемое колесо П располагается на каретке 2, которая в процессе контроля остается неподвижной. Измерительное колесо И устанавливается на подвижной каретке 4, которая обладает свободой возвратно-поступательного перемещения на небольшой длине в направлении межосевой линии проверяемого и измерительного колеса. На каретку 4 действует пружина 6, которая стремится сместить каретку вправо. Благодаря этому между зубьями измерительного и проверяемого колес образуется беззорное двухпрофильное зацепление.



В процессе обката проверяемого колеса с измерительным вследствие погрешностей изготовления колес происходит колебание измерительного межосевого расстояния, т. е. базовая оправка 3 измерительного колеса вместе с подвижной кареткой 4 осуществляет колебательное движение. Перемещение подвижной каретки фиксируется с помощью закрепленного на ней индикатора 7, измерительный наконечник которого упирается в неподвижный упор 14 на станине.

При настройке прибора подвижная каретка 4 устанавливается с помощью кулачка 13 и маховика 8, сидящих на одной оси, в среднее положение, от которого происходит отсчет перемещений каретки. Неподвижная каретка 2 перемещается с помощью винта, на который насажен маховик 12, в положение, соответствующее номинальному измерительному межосевому расстоянию между осями базовых оправок 3 и 5. Установка неподвижной каретки на номинальное измерительное расстояние осуществляется по основной шкале 9, закрепленной на подвижной каретке, и нониусу 10, закрепленному на неподвижной каретке. Фиксация каретки 2 на станине производится зажимом 11.

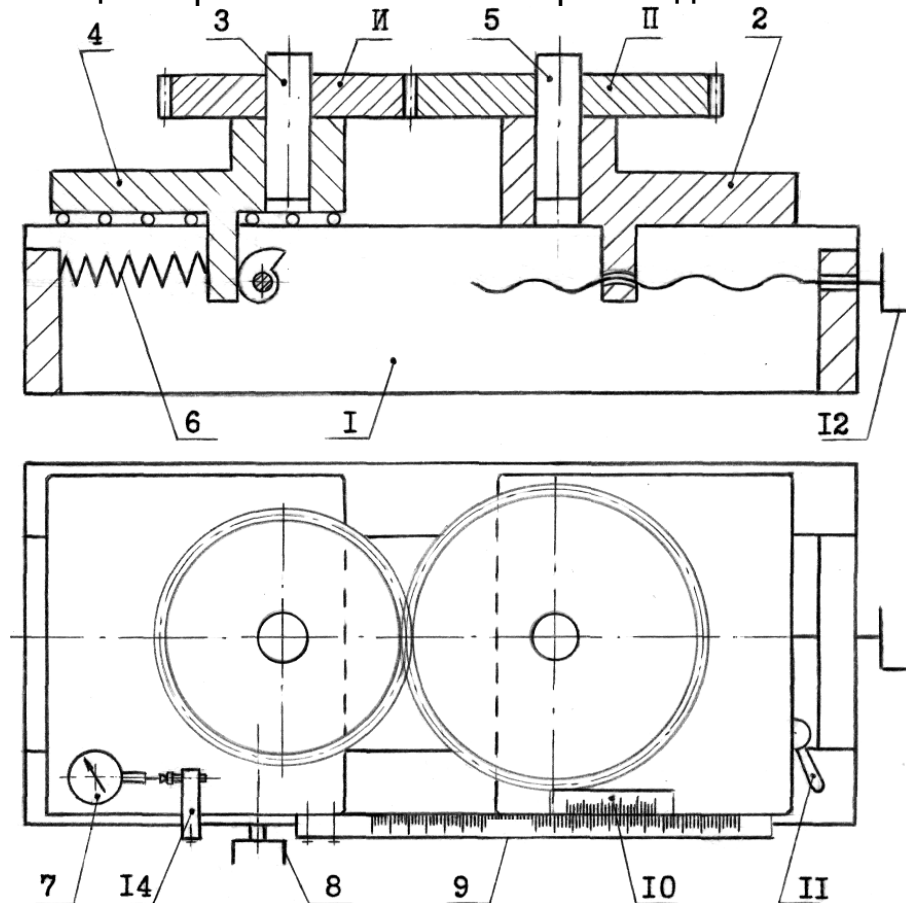


Рисунок 2. Схема устройства межосемера

Отсчет показаний на основной шкале и по нониусу производится следующим образом. На основной шкале (рис.3,а) имеются

миллиметровые деления. На нониусе имеются 50 равных делений, выполненных на длине 49 мм. Таким образом, каждое деление нониуса равно  $49 : 50 = 0,98$  мм, т. е. оно короче деления основной шкалы на  $1,00 - 0,98 = 0,02$  мм.

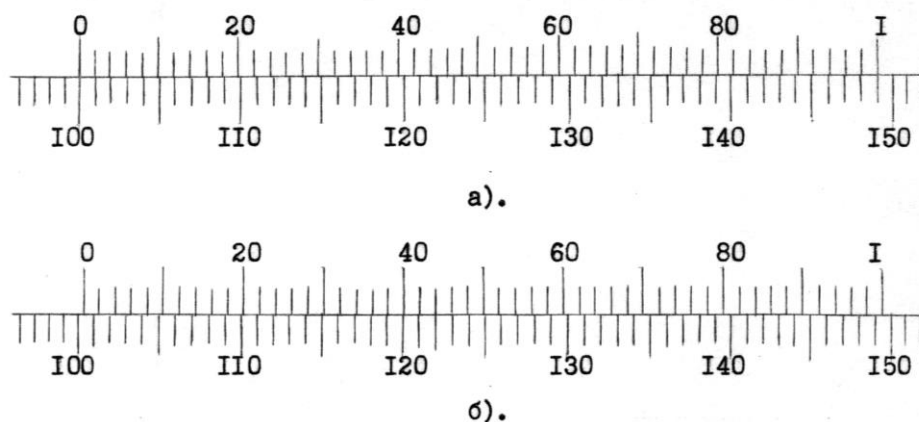


Рисунок 3. Отсчет показаний по основной шкале и нониусу

Если нулевой штрих нониуса совпал с каким-то штрихом основной шкалы, например со штрихом 100 (рис. 3а), то это значит, что межосевое расстояние  $a''$  равняется целому числу миллиметров, соответствующему порядковому номеру штриха основной шкалы, с которым совпал нулевой штрих нониуса (в данном примере  $a'' = 100$  мм). Если нулевой штрих нониуса не совпадает ни с каким штрихом основной шкалы (рис. 3б), то показание следует считать так: ближайший штрих основной шкалы слева от нулевого штриха нониуса показывает целое число миллиметров (в данном случае 100 мм). Сотые доли миллиметра – это число, разное произведению цены деления 0,02 мм на порядковый номер того штриха нониуса, который совпал с одним из штрихов на основной шкале. В рассматриваемом примере сотые доли показания равняются числу  $0,02 \times 22 = 0,044$  мм. Суммарный отсчет по шкале и нониусу будет равен 100,44 мм.

## 5 Порядок выполнения работы

5.1. Из образцового бланка выписать расчетное значение номинального измерительного межосевого расстояния  $a''$ , значения предельных отклонений  $E_{a''s}$ ,  $E_{a''i}$  и допуски  $F_{i''}$  и  $f_{i''}$  на колебание измерительного межосевого расстояния для контролируемого колеса согласно /8.1/.

5.2. Для настройки межосемера на номинальное измерительное межосевое расстояние проверяемое колесо П (рис. 4) снимают с оправки 5, для чего подвижную каретку 4 отводят в крайнее левое положение маховиком 8.

5.3. Проворачиванием маховика 8 по часовой стрелке, устанавливают каретку 4 в среднем положении. Поворот заканчивают в момент, когда метка (отверстие или покрашенная полоса) на маховике 8 окажется в нижнем положении.

5.4. Отпускают зажим 11 каретки 2.

5.5. С помощью маховика 12 перемещают каретку 2 и устанавливают ее на номинальное измерительное межосевое расстояние по основной шкале 9 и нониусу 10.

5.6. Закрепляют каретку 2 на станине зажимом 11.

5.7. Устанавливают индикатор 7 таким образом, чтобы отсчет на нем равнялся 1,0 мм. Для осуществления установки открепляют контргайку 13 и вращением винта 14 добиваются того, чтобы стрелка на малой шкале индикатора установилась на показании «1 мм». В этом положении затягивают контргайку 13, а затем поворотом ободка индикатора совмещают нулевое деление большой шкалы со стрелкой. Межосемер настроен и теперь при проверке зубчатого колеса индикатор будет фиксировать отклонения  $E_{a''r}$  измеряемого межосевого расстояния от номинального, причем положительные отклонения отсчитываются от нулевого деления против часовой стрелки, а отрицательные отклонения – по часовой стрелке. Например, если стрелка индикатора отклонилась на 15 делений по часовой стрелке, то отклонение  $E_{a''r} = - 0,15$  мм; если стрелка отклонилась на 3 деления против часовой стрелки, то  $E_{a''r} = +0,03$  мм.

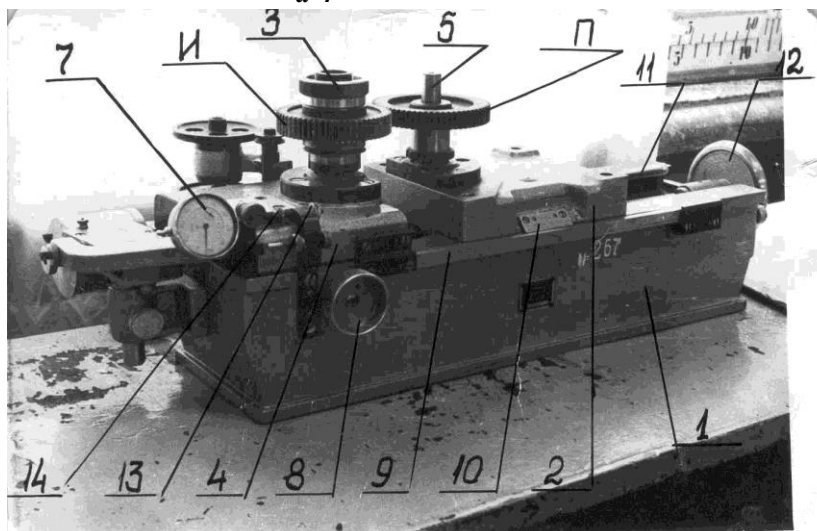


Рисунок 4. Межосемер завода «Калибр»

5.8. С помощью маховика 8 каретку 4 отводят влево и одевают проверяемое колесо на оправку 5.

5.9. Поворачивая маховик 8 по часовой стрелке до упора, перемещают каретку 4 вправо и обеспечивают беззазорное зацепление измеряемого колеса с проверяемым. При этом на индикаторе 7 зафиксированное какое-то отклонение измеряемого межосевого расстояния.

5.10. Плавное поворачивают проверяемое колесо на полный оборот и записывают фактические предельные отклонения  $E_{a''sr}$  и  $E_{a''ir}$  измеряемого межосевого расстояния от номинального с учетом знака отклонений.

5.11. Плавное поворачивают проверяемое колеса на угол, соответствующий входу и выходу из контакта одной пары зубьев. Наибольшая разность показаний индикатора за время этого поворота даст величину  $f''_{ir}$ . Измерение величины  $f''_{ir}$  производится в трех местах зубчатого колеса. В бланк отчета заносится наибольшее значение  $f''_{ir}$ .

## 6 Указания по оформлению отчета

В отчете записывают измеренные величины  $E_{a''sr}$ ,  $E_{a''ir}$ , а также наибольшее значение (из трех) величины  $f''_{ir}$ . Производится вычисление величины  $F''_{ir}$  по формуле  $F''_{ir} = E_{a''sr} - E_{a''ir}$ .

В установленном масштабе изображается схема расположения предельных отклонений  $E_{a''s}$  и  $E_{a''i}$ , заданных по ГОСТ 1643-81, и предельных фактических отклонений  $E_{a''sr}$  и  $E_{a''ir}$ .

На основании построенной схемы и табл. 1 делается заключение о годности зубьев проверяемого колеса по толщине.

На основании имеющихся данных о величинах  $F''_{ir}$ ,  $f''_{ir}$  и, исходя из условия годности, делается заключение о годности проверяемого колеса соответственно по радиальному биению и по отклонениям шага зацепления и профиля зубьев  $F''_{ir}$  и  $f''_{ir}$ .

Таблица 2 – Пример оформления отчета

Элементы колес	Измеряемого колеса	Измерительного колеса
Число зубьев $z$	30	56
Модуль $m$	2,25 мм	2,25 мм
Угол профиля зуба рейки $\alpha$	20°	20°
Обозначение колеса по ГОСТ 1643-81	8 – В	6 – Н

Номинальное измерительное межосевое расстояние  
 $a''_{ном} = 96,86 \text{ мм}$ .

Предельные отклонения измерительного межосевого расстояния по таблицам 8 и 15 /8.1/, соответственно:

Верхнее –  $E_{a''s} = +0,032 \text{ мм}$ ,

Нижнее –  $E_{a''i} = -0,110 \text{ мм}$ .

Допуск на колебание измерительного межосевого расстояния за полный оборот колеса  $F''_i = 0,070 \text{ мм}$ .

Допуск на колебание измерительного межосевого расстояния при повороте на один зуб  $f''_i = 0,032 \text{ мм}$ .

Результаты проверки:

$$E_{a''sr} = +0,32 \text{ мм},$$

$$E_{a''ir} = +0,10 \text{ мм};$$

$$F''_{ir} = E_{a''sr} - E_{a''ir} = +0,32 - (+0,10) = 0,22 \text{ мм};$$

$$f''_{ir} = 0,02 \text{ мм}.$$

$F''_{ir}$  и  $f''_{ir}$  – фактические колебания измерительного межосевого расстояния за полный оборот колеса и на одном зубе соответственно.

$f''_{ir}$  – проверяется не менее чем в трех различных местах и большее из трех значений записывается.

Заданные отклонения межосевого расстояния \_\_\_\_\_.

Фактические отклонения межосевого расстояния \_\_\_\_\_.

(Заключение о годности измеряемого колеса по толщине зубьев, по  $F''_{ir}$  и  $f''_{ir}$  записывается отдельно по каждому параметру).

1. Колесо не годно по толщине зубьев, т. к. фактические отклонения межосевого расстояния за полный оборот колеса не укладываются в допустимые пределы. При этом  $E_{a''ir} > E_{a''s}$ , следовательно, все зубья колеса толще, чем положено.

2. Колесо не годно по радиальному биению, т. к. фактическое колебание межосевого расстояния за полный оборот больше допускового, т. е.  $F''_{ir} > F''_i$ .

3. Колесо годно по отклонениям профиля и шага зацепления, т. к. фактическое колебание межосевого расстояния на одном зубе меньше допустимого, т. е.  $f''_{ir} < f''_i$ .

## **7. Контрольные вопросы**

7.1 По каким показателям оценивается зубчатое колесо с помощью межосемера?

7.2 Расскажите об устройстве межосемера и правилах отсчета отклонений по индикатору часового типа.

7.3 Расскажите о порядке настройки межосемера на номинальное измерительное межосевое расстояние.

7.4 Если согласно /8.1/  $E_{a''s} = -0,034$  мм, а  $E_{a''i} = -0,16$ , то будет ли годно колесо у которого

а) $E_{a''sr} = - 0,05$ мм, $E_{a''ir} = - 0,13$ мм;	б) $E_{a''sr} = - 0,10$ мм, $E_{a''ir} = - 0,26$ мм;	в) $E_{a''sr} = - 0,03$ мм, $E_{a''ir} = - 0,10$ мм
---	---	--

## 8 Литература

8.1 ГОСТ 1643-81. Передатки зубчатые цилиндрические. Допуски.

**«Измерение толщины зуба шестерни штангензубомером»**

**1 Цель работы**

Изучить устройство штангензубомера; получить навыки нормирования точности толщины зуба цилиндрических зубчатых колёс; провести измерения толщины и дать заключение о годности детали

**2 Оборудование**

- Штангензубомер;
- штангенциркуль;
- шестерня цилиндрическая без коррекции зуба.

**3 Общие положения**

Штангензубомер (рис. 1) предназначен для замера толщины зубьев колеса по хорде, замыкающий дугу окружности SC. Он представляет собой угольник 2 с вертикальной 3 и горизонтальной 7 линейками. На вертикальной линейке имеются измерительная губка 1 и рамка 6 с микрометрическим винтом 4, при помощи которого упор 10 устанавливается на высоту  $h_s$  по шкале и нониусу 5. По горизонтальной линейке передвигается рамка 9 с измерительной губкой и нониусом 8. Рамка снабжена микрометрическим винтом 11 для точной установки измерительной губки.

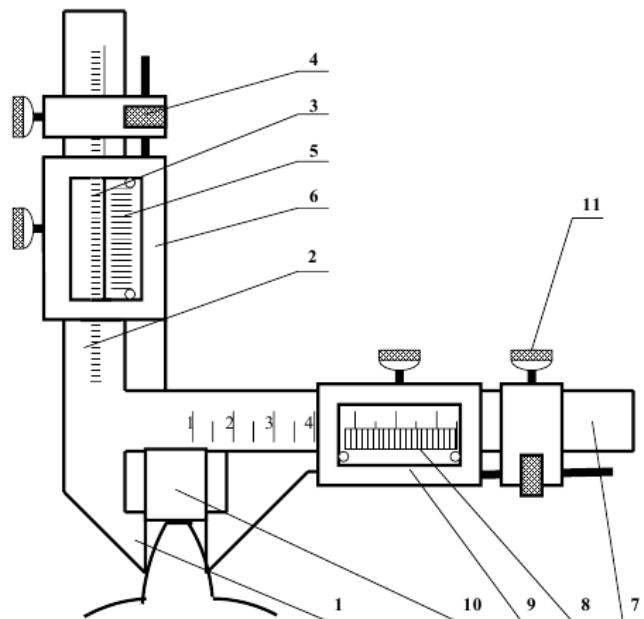


Рисунок 1. Штангензубомер:

1 – измерительная губка; 2 – угольник; 3 – вертикальная линейка;  
4 – микрометрический винт; 5 – нониус; 6 – рамка; 7 – горизонтальная линейка; 8 – нониус; 9 – рамка; 10 – упор; 11 – микрометрический винт

Штангензубомер устанавливается упором на измеряемый зуб и губки подводятся вплотную к профилю зуба. Отсчёт толщины зуба производится по горизонтальной линейке и нониусу.

Кромочный метод, как правило, в прошлом применялся для измерения толщины зуба по хорде делительной окружности. В связи с тем, что указанный элемент (хорда зуба по делительной окружности) в настоящее время стандартом не нормируется, зубомеры данного типа применяются для измерения толщины зуба по постоянной хорде.

Штангензубомеры выпускаются с пределами измерения по модулю 1-18 мм и 5 – 35 мм. Предельная погрешность определения толщины зуба составляет  $\pm (0,5 - 1,5zm)$ , где  $m$  – модуль измеряемого колеса;  $z$  – число зубьев колеса.

При измерении по постоянной хорде расчётная величина хорды определяется по формуле:

$$\bar{S}_c = m \cdot (\pi / 2 \cdot \cos^2 \alpha) \quad (1)$$

где  $\bar{S}_c$  – расчётная величина хорды, мм;

$m$  – расчётный модуль зубчатого колеса, мм;

$\alpha$  – угол зацепления, для некоррегированных колес  $\alpha = 20^\circ$ .

$$\bar{S}_c = 1,387m, \text{ мм} \quad (2)$$

Базой для измерения в этом случае служит окружность выступов.

Высота головки зуба  $\bar{h}_c$  постоянной хорды определяется по формуле:

$$\bar{h}_c = h - (\pi / 8 \times \sin 2\alpha) \quad (3)$$

где  $\bar{h}_c$  – высота головки зуба до постоянной хорды, мм;

$h$  – высота головки зуба до делительной окружности, мм;

$m$  – модуль зубчатого колеса, мм;

$\alpha$  – угол зацепления, для некоррегированных колес  $\alpha = 20^\circ$ .

При  $h = m$ :

$$\bar{h}_c = 0,7476 \times m, \text{ мм} \quad (4)$$

Расчётное значение величины модуля определяется по формуле:

$$m = \frac{D_{\text{окр.выст.}}}{z + 2} \quad (5)$$

где  $D_{\text{окр.выст.}}$  – диаметр окружности выступов, мм;

$z$  – число зубьев зубчатого колеса.

Высотная линейка устанавливается по нониусу на подсчитанную величину  $\bar{h}_c$ . Затем инструмент переносится на зуб измеряемого зубчатого колеса, торец высотной линейки совмещается с головкой зуба, губки перемещаются таким образом, чтобы обе губки стали без просвета



по профилю зуба, и по нониусу подсчитывается фактическая величина  $\bar{S}_c$  измеряемого зуба.

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Определить модуль зубчатого колеса. Для этого измерить штангенциркулем диаметр окружности выступов  $D_{окр.в.выст.}$  и, сосчитав число зубьев  $z$ , определить модуль по формуле 5.

4.2 Произвести расчёт толщины зуба  $\bar{S}_c$  по постоянной хорде, используя формулу (2).

4.3 Подсчитать измерительную высоту головки зуба  $\bar{h}_c$  по формуле (4) и настроить опорную планку штангензубомера на полученный размер.

4.4 Наложить зубомер опорной планкой на окружность выступов измеряемого колеса и измерить толщину зубьев.

#### 5 Определение погрешности

Определение погрешности показаний зубомеров кромочного типа осуществляется при помощи роликов, и состоит в сравнении действительного значения величины хорды, полученного в результате измерения, с её расчётным значением. Для этого вертикальную шкалу зубомера устанавливают на расчётную высоту  $h$ .

Высота  $h$  вычисляется по уравнению:

$$h = \frac{d(1 - \sin \alpha)}{2}, \quad (6)$$

расчётное значение хорды ролика – по уравнению:

$$S = d \cos \beta_\delta \quad (7)$$

где  $S$  – размер хорды;

$h$  – высота дуги, стягивающей хорду;

$d$  – диаметр ролика;

$\alpha_\delta$  – угол исходного контура.

При  $\alpha_\delta = 20^\circ$  указанные выше уравнения принимают вид:

$$S = 0,9397d \quad (8)$$

$$h = 0,3290d \quad (9)$$

Техника поверки состоит в следующем: высотная линейка устанавливается на расчётную высоту, затем зубомер накладывается на ролик в таком же порядке, как и при измерении толщины зуба, и определяется величина хорды  $S_1$ , соответствующая расчётной высоте. Вычисляют расчётное значение хорды  $S_2$ .

Величина погрешности определяется разностью

$$\Delta S_1 = S_1 - S_2 \quad (10)$$

Поверку рекомендуется производить по двум роликам с малой разностью в диаметрах и за величину погрешности принимать среднее из двух значений, т.е.

$$\delta S_x = \frac{\delta S_1 - \delta S_2}{2} \quad (11)$$

Рекомендуется применять для поверки ролики следующих диаметров: 3-5 и 18-20 мм для зубомеров с пределами измерения по модулю  $m$  1 – 18 мм и 35 – 38 мм для зубомеров с пределами измерения по модулю  $m$  = 5 – 35 мм.

## 6 Пример выполнения лабораторной работы

Требуется определить толщину зуба шестерни по постоянной хорде штангензубомером и дать заключение о годности шестерни.

Измеряем диаметр окружности выступов  $D_{окр.выст.} = 66,5$  мм.

Угол профиля исходного профиля  $\alpha = 20^\circ$ .

Проводим измерение толщины зуба прибором  $\bar{S}_{Сиз.} = 4,21$  мм.

$D_{дел.окр.} = m \times z = 19 \times 3,17 = 60,23$  мм.

Определяем наименьшее дополнительное смещение исходного контура  $E_{HS}$  и наименьшее отклонение толщины зуба  $E_{CS}$  в зависимости от точности 7 (Приложение А):

$E_{HS} = -12$  мкм = -0,012 мм;

$E_{CS} = -9$  мкм = -0,009 мм.

Определяем допуск на смещение исходного контура  $T_H$  и толщины зуба  $T_C$  (Приложение Б):

$T_H = 70$  мкм = 0,070 мм;

$T_C = 50$  мкм = 0,050 мм.

Наибольшее отклонение зуба:

$-(|E_{CS}| + T_C) = -(9+50) = -59$  мкм.

Величина толщины зуба и предельные отклонения представляются в следующем виде:  $\bar{S}_C = 4,326_{-0,059}^{-0,009}$ .

Результаты наблюдений представляются в виде (таблица 1):

Таблица 1 – Результаты измерений

№ измерения	Расчётное значение 4,327 ± 0,08 мм	Показания прибора $x_i$
1	4,327 ± 0,08 мм	4,326 мм
2	4,327 ± 0,08 мм	4,324 мм
3	4,327 ± 0,08 мм	4,325 мм

$x_{\min} = 4,324$  мм;  $x_{\text{ср.}} = 4,325$  мм. Данная шестерня признаётся годной.

## 7 Контрольные вопросы

7.1 Какую погрешность зубчатого колеса определяют штангензубомеры?

7.2 Какой метод измерения использован в лабораторной работе?

7.3 Что понимается под постоянной хордой?

7.4 Что служит базой измерения зуба по постоянной хорде?

## 8 Литература

8.1 ГОСТ 1643-81 Передатки зубчатые цилиндрические. Допуски.- М.:Издательство стандартов. - 15с.

8.2 Багдасарова Т.А. Допуски, посадки и технические измерения. Уч. пособие, 2007.

8.3 Мочалов В.Д. Метрология, стандартизация, сертификация, взаимозаменяемость и технические измерения. Уч. пособие, 2012.

## Приложение А

Таблица 1 – Наименьшее дополнительное смещение исходного контура –  $E_{Hs}$  и наименьшее отклонение толщины зуба –  $E_{Cs}$  для зубчатых колес с наружными зубьями, мкм

Вид сопряжения	Степени точности по нормам плавности	Диаметр делительной окружности, мм							
		до 80		св 80 до 125		св 125 до 180		св 180 до 250	
		$-E_{Hs}$	$-E_{Cs}$	$-E_{Hs}$	$-E_{Cs}$	$-E_{Hs}$	$-E_{Cs}$	$-E_{Hs}$	$-E_{Cs}$
H	3-6	12	9	14	10	16	12	18	14
	7	14	10	16	12	18	14	20	14
E	3-6	30	22	35	25	40	30	46	35
	7	35	25	40	30	45	45	50	35
D	3-6	46	35	54	40	63	45	72	55
	7	50	35	660	45	70	50	80	60
	8	55	40	70	50	80	60	90	70
C	3-6	74	55	87	60	100	70	115	80
	7	80	60	100	70	110	80	120	90
	8	90	70	110	80	120	90	140	100
B	3-6	120	90	140	100	160	120	185	140
	7	140	100	160	120	180	140	200	140
	8	140	100	160	120	200	140	220	160
A	3-6	190	140	220	160	250	180	290	200
	7	200	150	250	180	280	200	300	220
	8	200	160	280	200	300	220	350	250

Таблица Б.1 – Допуск на смещение исходного контура  $T_H$  и толщину зуба  $T_C$  в мкм

Вид сопряжения	Вид допуска на боковой зазор	Обозначения допуска	Допуск на радиальное биение зубчатого венца $F_r$ , мкм						
			до 8	св 8 до 10	св 10 до 12	св 12 до 16	св 16 до 20	св 20 до 25	св 25 до 32
H, E	h	$T_H$	28	30	35	40	40	45	55
		$T_C$	20	22	25	30	30	35	40
D	d	$T_H$	35	40	40	45	55	60	70
		$T_C$	25	30	30	35	40	45	50
C	c	$T_H$	45	50	55	60	70	80	90
		$T_C$	35	35	35	45	50	60	70
B	b	$T_H$	55	60	70	70	80	90	100
		$T_C$	40	45	50	50	60	70	70
A	a	$T_H$	70	80	80	90	100	110	140
		$T_C$	50	60	60	70	70	80	100

## «Измерение радиального биения венца зубчатых колес на биенимере»

### 1 Цель работы

Получение навыков применения методики определения радиального биения зубчатого венца цилиндрических зубчатых колес; ознакомление с принципом действия, устройством, порядком настройки и регулировки биенимера модели Б-10М.

### 2 Оборудование и инструменты

Биенимер модели Б-10М; многооборотный индикатор часового типа МИГ; измерительные наконечники для внешнего зацепления:

$m = 1 \dots 2,5$ ;  $m = 3,5 \dots 4,5$ ;  $m = 1,375 \dots 2,0$ ;  $m = 5 \dots 6$ ;

$m = 2,25 \dots 3,0$ ;  $m = 7 \dots 10$ ;

кронштейн; оправки; ключ, отвертка, вороток; набор проверяемых зубчатых колес, параметры которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры контролируемых колес

Тип колес	$Z$	$d_z$ , мм	$d$ , мм	$d_{nr}$ , мм	$m$
Цилиндрические прямозубые	60	108	25,2	20	1,75
	70	126	25,2	20	1,75
	85	152	25,1	20	1,75
	68	117	20,0	22	1,75
	36	66,5	20,0	22	1,75

Эскизы зубчатых колес представлены в Приложении 2.

### 3 Общие положения

3.1. Измерение радиального биения зубчатого венца и накопленной погрешности по шагу

Согласно /1,2/ радиальное биение зубчатого венца  $F_{rr}$  определяют как наибольшую, в пределах зубчатого колеса, разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура (одиночного зуба или впадины), условно наложенного на профили зубьев колеса. Радиальное биение является дискретной радиальной составляющей кинематической погрешности зубчатого колеса:

$$F_{rr} = d_{\max} - d_{\min} \quad (1)$$

Измерение этого параметра производится наконечником, который должен быть выполнен в виде наружного конуса с углом при вершине  $2\alpha$  (обычно  $40^\circ$ ), где  $\alpha$  – угол зацепления. Такой наконечник обеспечивает измерение колес нескольких модулей.

## 4 Принцип работы и устройство биенимера модели Б-10М

### 4.1 Технические характеристики

Технические характеристики биенимера модели Б-10М представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики биенимера модели Б-10М

Наименование характеристики	Значение	
	Наименьшее	Наибольшее
Максимальная масса измеряемых колес, кг	30	
Модуль измеряемых колес, мм	1	10
Диаметр делительной окружности измеряемых цилиндрических и конических колес внешнего зацепления, мм	20	320
Наибольший угол начального конуса измеряемых колес, град.	180	
Максимальное расстояние между центрами, мм	380	
Смещение плоскости измерения, не менее, мм	230	
Габаритные размеры прибора, не более, мм	900x500x420	
Масса прибора, не более кг	150	
Цена деления отсчетного устройства, мм	0,001	

Погрешности прибора при измерении радиального биения зубчатого венца представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Погрешности прибора при измерении радиального биения зубчатого венца  $F_{rr}$ , не более:

Класс	Диапазон измерений, <i>МКМ</i>	Предел допустимой погрешности, <i>МКМ</i>
AB	До 30	3
	Св.30 до 100	6
A	До 100	6
	Св.100 до 250	8

### 4.2 Принцип измерения и работы прибора

Биение зубчатого венца определяют измерением отклонения радиального положения измерительного наконечника, последовательно вводимого во впадины зубьев относительно оси измеряемого зубчатого колеса (рис. 1).

Разность показаний индикатора при контакте измерительного наконечника с различными впадинами зуба измеряемого колеса принимают за величину биения:  $F_{rr} = \sigma_{x_{max}} - \sigma_{x_{min}}$ .

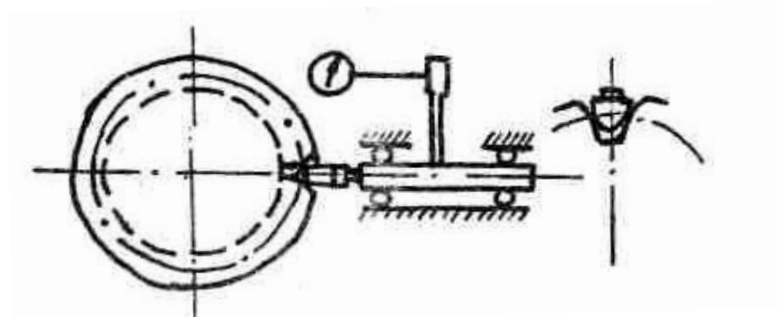


Рисунок 1 – Принцип измерения

#### 4.3 Устройство прибора

В приборе (рис.2) литая станина 1 имеет перпендикулярно расположенные направляющие, по которым перемещаются левая установочная 4 и измерительная 2 бабки. Бабка правая 7 неподвижно закреплена на станине. В установочных бабках расположены центры для установки изделия: центр левой бабки 4 жестко связан с ее корпусом, а центр правой бабки 7 может отводиться рукояткой 8 и возвращаться в исходное положение под действием пружины, скрытой в корпусе бабки. Крепится левая бабка на станине при помощи гайки 3.

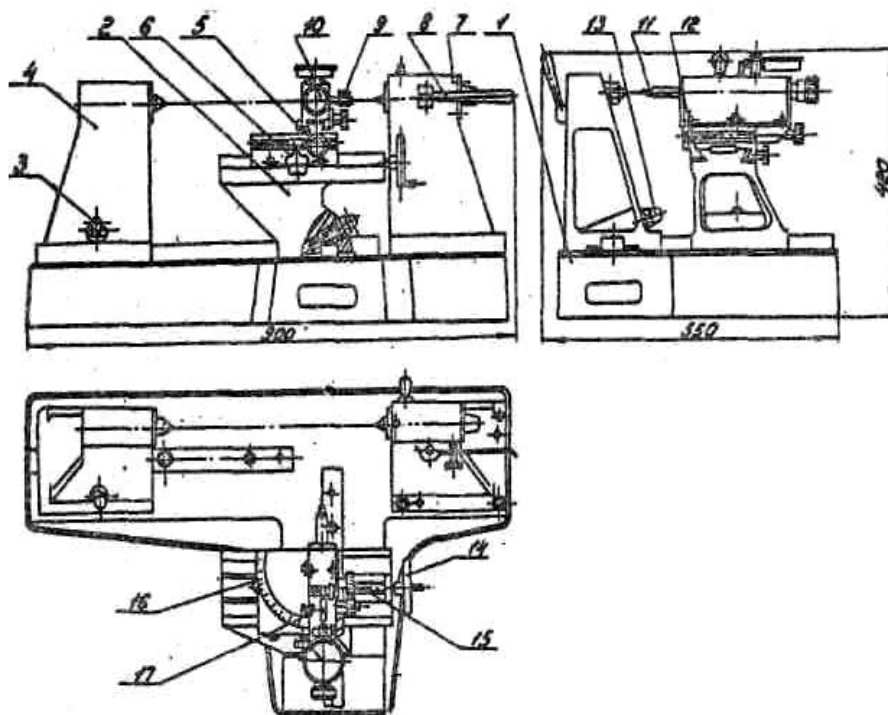


Рисунок 2 – Конструкция биениемера

Измерительная бабка 2 несет на себе каретку 12 с измерительным устройством. Положение измерительной бабки на станине фиксируется гайкой 13. Каретка 12 при вращении маховика 14 перемещается по направляющим измерительной бабки параллельно оси центров прибора. Каретка крепится винтом 6.

В корпусе измерительного механизма расположен перемещающийся на шариках шток с держателем для установки и закрепления измерительного наконечника II при измерении колес внешнего зацепления или кронштейн с измерительным наконечником для измерения цилиндрических колес внутреннего зацепления.

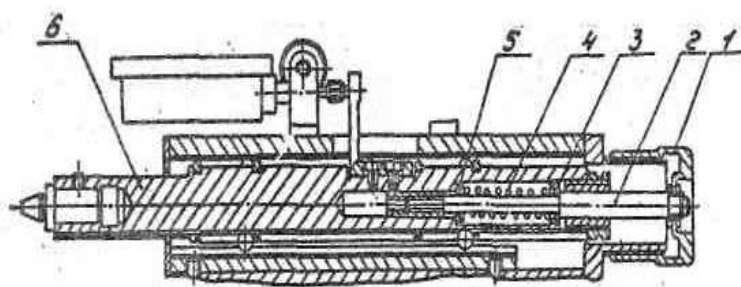


Рисунок 3 – Конструкция переключающего устройства

На рис. 3 показана конструкция переключающего устройства, которое служит для изменения направления измерительного усилия.

Стержень 2 жестко связан с колпачком 1, который полностью навинчен на корпус задней крышки. Вставленная, с предварительным сжатием между двумя колпачками 3, 5 нажимная пружина 4, опираясь на неподвижный буртик стержня 2, давит на торец штока 6, перемещая его в переднее положение.

## **5 Методические указания по проведению лабораторной работы**

5.1 Регулировка, настройка и измерения цилиндрических колес внешнего зацепления

5.1.1. Переключающее устройство переводят в положение, необходимое для колес внешнего зацепления. Для этого колпачок 1 (рис. 3) полностью навинчивают на корпус задней крышки.

5.1.2 В держателе закрепляют измерительный наконечник, соответствующий модулю измеряемого колеса.

5.1.3 В центрах прибора устанавливают измеряемое колесо (валковое или установленное на оправке).

5.1.4 Измерительную бабку 2 (рис.2) вручную подводят к проверяемому колесу так, чтобы между колесом и наконечником был зазор в 4 ... 5мм, и крепят гайкой 13 с болтом.



5.1.5. Вращением маховичка 15 измерительный механизм подводят к колесу, вводят измерительный наконечник в контакт с боковыми поверхностями зубьев колеса и дают натяг 1....1,5 мм.

5.1.6. Ножку индикатора подводят к упору 17 и дают натяг 0,2 мм, после чего индикатор закрепляют винтом 10. Шкалу индикатора устанавливают на нуль.

5.1.7. С помощью кнопки 9 наконечник выводят из впадины зуба.

5.1.8. Измеряемое колесо рукой поворачивают так, чтобы следующая впадина встала против конуса измерительного наконечника.

5.1.9. Измерительный наконечник вводят в контакт с боковыми поверхностями зубьев колеса. По разности показаний индикатора определяют величину биения. Данные заносят в отчет.

## 5.2 Смена измеряемого колеса

При измерении колес внешнего зацепления для смены контролируемого колеса поворотную кнопку 9 отводят назад до отказа. При этом отводится назад шток с измерительным наконечником. Чтобы зафиксировать их в этом положении поворотную кнопку оттягивают в направлении от измерительного механизма и устанавливают в паз. Придерживая измеряемое колесо рукой, рукояткой 8 отводят центр и снимают колесо с прибора. Установив для измерения следующее колесо, возвращают наконечник в рабочее положение. Для этого кнопку оттягивают и выводят из паза. Осторожно придерживая рукой, отпускают до соприкосновения измерительного наконечника с впадиной измеряемого колеса.

## 5.3 Обработка результатов измерений

Измерения производятся по каждой впадине по делительной окружности для каждого колеса. Результаты измерения заносятся в протокол отчета о лабораторной работе. В заключении на основании сопоставления результатов измерений и значений допусков радиального биения, указанных на эскизе, делаются выводы о годности проверяемых зубчатых колес. Величина допуска радиального биения приведена в /5/ (таблицы 5, 7 стр. 317).

## 6 Контрольные вопросы

6.1 Каким образом классифицируются зубчатые передачи с точки зрения их назначения?

6.2 Каковы виды характеристик качества, предъявляемых к работе различных видов зубчатых передач?

6.3 Что понимается под основной и второстепенной характеристиками точности?

6.4 Дайте определение радиального биения зубчатого венца.

6.5 К какой группе точности относится радиальное биение?

6.6 Объясните принцип измерения и порядок работы прибора.

6.7 Каков порядок настройки прибора при измерений радиального биения зубчатых колес внешнего и внутреннего зацепления?

## 7 Содержание отчета

7.1 Цель и задачи работы

7.2 Технические и метрологические характеристики биениемера

Модуль измеряемых колес, мм		Схема измерений
Диапазон диаметра делительной окружности, мм		
Высота центров, мм		
Погрешность при измерении радиального биения, не более, мкм		

7.3 Результаты измерений.

Тип колеса и степень точности	$Z$	$m$ , мм	Допуск радиального биения, $F_r$ , мм	Показания индикатора		Разность $d_{\max} - d_{\min}$
				Наиб.	Наим.	

7.4 Заключение о годности.

## 8 Список литературы

8.1 ГОСТ 1643-81 Передатки зубчатые цилиндрические. Допуски.- М.:Издательство стандартов.

8.2 ГОСТ 13755-81 «Передатки зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур».- М.: Издательство стандартов.

8.3 Багдасарова Т.А. Допуски, посадки и технические измерения. Учебное.пособие, 2007.

8.4 Мочалов В.Д. Метрология, стандартизация, сертификация, взаимозаменяемость и технические измерения. Учебное пособие, 2012.

8.5 Мягков В.Д. Допуски и посадки. Справочник. Часть 2, Л., Машиностроение, 1983.

**«Нормирование и контроль параметров освещенности объекта»**

**1 Цель работы**

1.1. Получить представление о системе нормирования параметров освещенности контролируемых поверхностей.

1.2. Освоить методы и средства контроля уровня освещенности различных поверхностей.

1.3. Получить навыки проведения контроля нормируемых параметров различных поверхностей.

**2 Оборудование**

2.1 Люксметр Ю116;

2.2 Набор насадок.

**3 Объекты измерений**

Объекты измерения – поверхности, разноудаленные от источников света: горизонтальные (рабочая поверхность стола), вертикальные поверхности (например, информационные стенды, картины и тд).

Таблица 1 – Измеряемые параметры

Контролируемые объекты	Освещение	Измеряемый параметр		Средство измерений
		Наименование	Размерность	
Горизонтальная поверхность	Искусственное	Освещенность	ЛК	Люксметр Ю116
Вертикальная поверхность				
Горизонтальная поверхность	Естественное или совмещенное	Распределение освещенности не менее	%	
Вертикальная поверхность				

**4 Схема измерений**

Измерения производятся на горизонтальной поверхности стола согласно рисунку 1.



Рисунок 1. Схема измерений  
(цифрами указаны положения измерительного прибора)

Измерение освещенности вертикальной поверхности производится в ее центре.

## 5 Общие положения

Большинство производственных процессов требуют объективной оценки уровня освещенности.

Освещенность может создаваться естественным рассеянным светом, искусственным светом различных светильников и совмещенным освещением - естественным и искусственным.

**Освещенность** - это отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий данную точку, к площади этого элемента.

Единицей измерения освещённости служит **люкс** (1люкс=1люмен на 1м<sup>2</sup>).

Освещённость 1лк получается на поверхности сферы радиуса 1м, если в центре сферы помещён точечный источник, сила света которого равна 1кд (Кандела).

Световым потоком ( $\Phi$ ) называют проходящую через данную поверхность в единицу времени световую энергию, оцениваемую по зрительному ощущению:

$\Phi = W/t$  (световой поток, испускаемого с единицы площади источника).

За единицу светового потока принят **Люмен** (обозначается лм). **Люмен** есть световой поток, испускаемый точечным источником, сила света которого равна 1 кд, внутри единичного телесного угла (т.е. угла, равного 1 ср).

$$1\text{лм} = 1\text{кд} \cdot 1\text{ср}. \quad \Phi = I \cdot W.$$

Силой света ( $I$ ) (Кандела кд) называют световой поток  $\Phi$ , рассчитанный на телесный угол, равныйстерадиану, т.е. отношение светового потока  $\Phi$ , заключённого внутри телесного угла  $W$ , к этому углу:  $I = \Phi/W$ .

Т.е. - это тот поток, который идёт по определённомуправлению или падает на определённую площадку.

Телесный угол  $W$  (рис.2) равен отношению площади поверхности  $s$ , вырезанной на сфере конусом с вершиной в точке  $S$ , к квадрату радиуса  $r$  сферы:  $W = s/r^2$ .

Если  $s=r^2$ , то телесный угол равен единице и называетсястерадианом (ср).

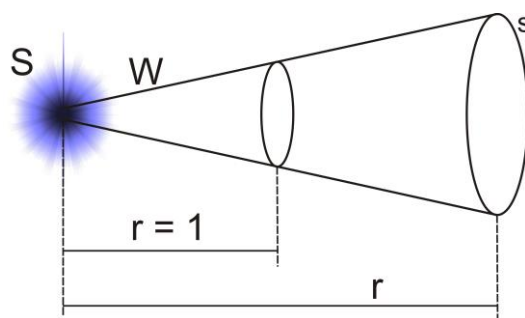


Рисунок 2. Телесный угол

### 5.1 Средство измерений

Люксметр Ю 116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой искусственным и естественным светом, источники которого расположены произвольно относительно светоприемника люксметра.

### 5.2 Устройство и работа люксметра.

Люксметр (рис.3) состоит из измерителя (1) и отдельного фотоэлемента (2) с насадками (3). Это прибор магнитоэлектрической системы, имеет две неравномерные шкалы: 0 – 30 и 0 – 100. Переключение с одной шкалы на другую осуществляется (см. рис.4) нажатием кнопок S.

На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале 0 – 100 точка находится над отметкой 20, на шкале 0 – 30 – находится над отметкой 5. В основном диапазоне измерений (5 – 30 и 20 – 100) предел допускаемой погрешности не должен превышать  $\pm 10\%$ . Прибор имеет корректор для установки стрелки в нужное положение. Для расширения диапазона измерений (снижения чувствительности фотоэлемента) применяются насадки КМ, КР и КТ, имеющие коэффициент ослабления, равный соответственно 10, 100 и 1000 (см. табл. 3). Увеличение допускаемой погрешности при переходе с основного диапазона измерений на неосновные посредством установления соответствующих насадок не должно превышать  $\pm 5\%$  от значения измеряемой освещенности.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности (косинусной) при углах падения света  $60^\circ$  ( $80^\circ$ ) должны соответствовать величинам; с насадками  $\pm 7$  ( $\pm 15$ ), без насадок  $\pm 10$  (не нормируется).

Допускаемые изменения показаний люксметра, вызванное отклонением температуры окружающего воздуха от  $20^\circ$  до любой температуры в диапазоне от  $-10^\circ$  до  $+35^\circ\text{C}$ , не превышает  $\pm 1\%$  от измеряемой величины на каждые  $1^\circ\text{C}$ .

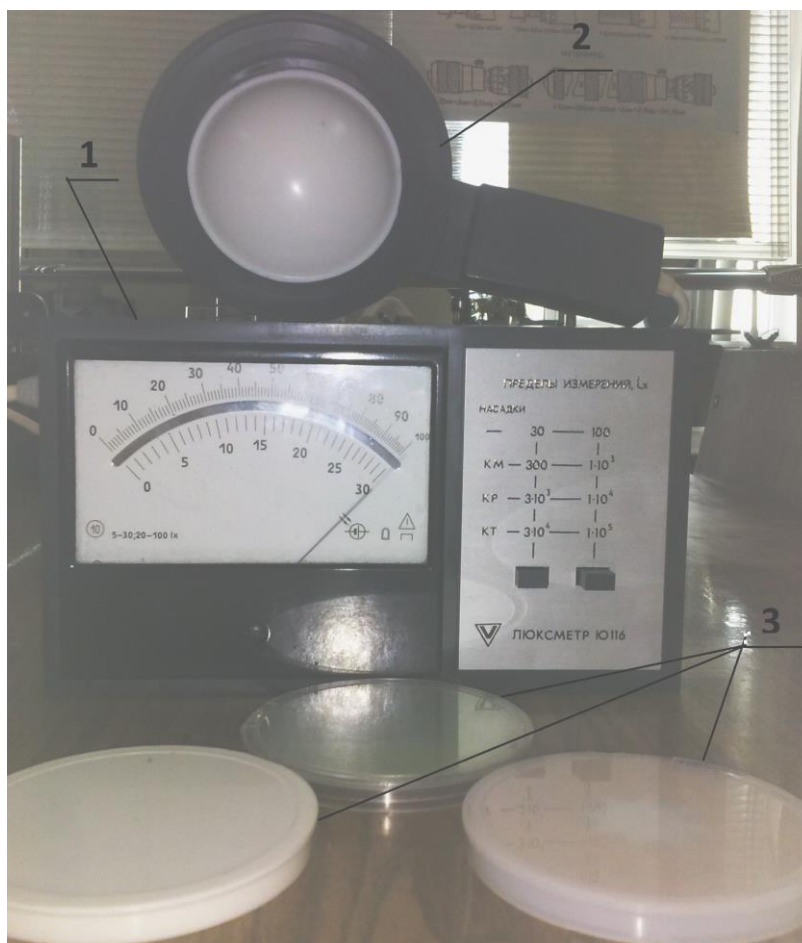


Рисунок 3. Люксметр Ю 116: 1 – измеритель; 2 – фотоэлемент;  
3 – насадки

Нормирование параметров освещенности установлено по СНиП 23-05-95 (Редакция СП 52.13330.2011) "Нормы освещенности".

Нормы освещения устанавливаются на освещение:

- 1) улиц, дорог и площадей;
- 2) автозаправочных станций (АЗС) и стоянок;
- 3) пешеходных пространств;
- 4) входов зданий;
- 5) административных зданий и научно-исследовательских учреждений;
- 6) образовательных учреждений;
- 7) учебных (рабочих) мест и помещений;
- 8) магазинов, аптек, вокзалов и т.к. далее.

Примеры освещенности объектов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры освещенности (выписка из СНиП 23-05-95)

	Освещаемые объёты	Освещённость, лк ( $E_{cp}$ )	Распределение освещённости $E_{min}/E_{cp}$ , не менее
1	Основные дороги и улицы города	20	0,35
2	Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов с выходом на дороги с непрерывным движением	15	0,25
3	Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов в пределах жилых районов	10	0,25
4	Основные улицы и застройки сельских поселений	6	-
5	Пешеходные пространства перед культурными и торговыми объектами	20	0,30
6	Ремонтные и столярные мастерские (столы – Г-0,8)	300	-
7	Лаборатории высших учебных заведений (на столах, Г-0,8)	400	-
8	Аудитории для рисования и черчения	500	-
9	Информационные стенды в аудиториях	400	-
10	Информационные стенды вне аудиторий	300	0,45

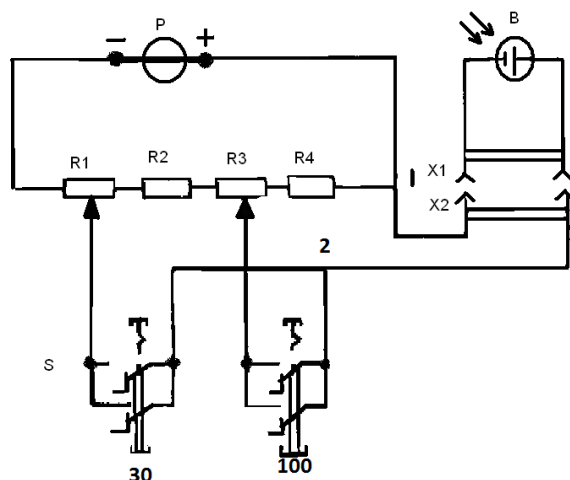


Рисунок 4. Схема электрическая принципиальная люксметра Ю 116

Метрологические характеристики люксметра приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Метрологические характеристики люксметра

Шкалы приборов	Цена деления	Диапазон измерений				Допускаемая погрешность, %
		Без насадки	С насадкой			
			КМ	КР	КТ	
0-30	1	5-30	50-300	500-3000	5000-30000	+10%
0-100	1	20-100	200-1000	2000-10000	20000-100000	

## 6 Методические указания по выполнению лабораторной работы

6.1 Ознакомиться с разделами 1,2,3,4.

6.2 Подготовить протокол отчета.

6.3 Произвести настройку люксметра.

6.3.1 Установить измеритель люксметра в горизонтальное положение.

6.3.2 Установить стрелки прибора на нулевое деление с помощью корректора и подключить фотоэлемент к осветителю.

6.3.3 Установить на Фотоэлемент насадку и поместить его горизонтально в точку измерения освещенности, согласно схемы измерения (рис. 1.)

Примечание: Тень от производящего измерения не должна попадать на фотоэлемент.

6.3.4 Нажать правую кнопку и произвести отсчет по шкале 0-100. Если стрелка отклонилась незначительно, тогда нажать левую кнопку, соответствующую шкале 0-30.

6.3.5 Если стрелка отклонилась незначительно, то повторить измерения, применив последовательно насадки КР и КМ, нажимая вначале правую, а затем левые кнопки.

6.4 Произвести измерение(по варианту, указанному преподавателем) и занести результаты в протокол отчета. Повторить измерения три раза.

6.4.1 Найти среднее арифметическое измерений по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

где  $x_i$  – значение измеряемой величины в отдельном замере,  $n$  — число измерений.

6.5 Вывод о соответствии значения освещенности нормам.



Сравнить среднюю арифметическую величину освещенности с нормой и сделать вывод о соответствии освещенности на рабочих местах.

## 7 Контрольные вопросы

7.1 Какие параметры освещенности нормируются?

7.2 Особенности нормирования параметров при естественном и искусственном освещении.

7.3 Устройство и работа люксметра.

## 8 Форма отчета

8.1 Цель работы.

8.2 Оборудование и его метрологические характеристики :

Таблица 1 – Метрологические характеристики люксметра Ю 116

Тип прибора		Схема измерений
Цена деления шкал, лк		
Диапазон измерений, лк		
Допускаемая погрешность, %		

8.3 Результаты измерений.

Таблица 2 – Результаты измерений

Объект измерения	Зона замера	Тип насадки	Шкала	Результаты измерений				
				X1	X2	X3	X <sub>ср</sub>	e
Поверхность рабочего стола	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
Поверхность стенда	1							

8.4 Заключение о соответствии освещенности нормам.

## Приложение А

### Варианты выполнения лабораторных работ

Варианты Объекты измерения	1	2	3	4	5
Горизонтальные поверхности (рабочая поверхность стола)	400±10	350±15	330±10	420±10	370±15
Вертикальные поверхности (стенд)	330±10	420±10	350±10	390±15	400±10

Зайцева И.А.  
Лабораторная работа №21  
**«Нормирование и контроль параметров  
лакокрасочных покрытий»**

**1 Цель работы**

Ознакомиться с оптическими явлениями и методами измерения блеска; получить навыки выполнения измерений блескомером ФБ – 2; выполнить статистическую обработку результатов измерений показателей качества покрытий.

**2 Оборудование**

- 2.1 Фотоэлектрический блескомер ФБ – 2.
- 2.2 Стандартный образец блестящей поверхности.
- 2.3 Стандартный образец белой поверхности.
- 2.4 Контролируемые образцы.

**3 Общие положения**

**Блеском (глянцем)** называют способность поверхности отражать свет без рассеяния. Для того чтобы надежно обеспечить высокое качество, необходимо оценивать внешний вид покрытия по объективным, измеряемым критериям. Точная характеристика внешнего вида покрытия позволяет контролировать качество покрытия, и улучшать его, оптимизируя процесс производства.

**Измерение блеска** позволяет оценить однородность и равномерность лакокрасочного покрытия, контролировать износ и ухудшение состояния покрытия, оптимизировать производственные процессы. Известно, что блеск покрытия зависит от качества нанесения покрытия и режима отвердевания. При увеличении степени блеска цвет покрытия становится более насыщенным, более интенсивным. Чем ниже степень блеска, тем спокойнее смотрится цвет. Чем выше степень блеска поверхности и чем тверже она, тем легче ее очищать и тем лучше ее износостойкость.

**Блеск** – отношение светового потока, отраженного от образца в зеркальном направлении к приемнику (источник и приемное устройство расположены под заданным углом), к световому потоку, отраженному в зеркальном направлении от стекла с показателем преломления 1,567.

В мебельной промышленности лакокрасочные покрытия выполняют одновременно защитные и декоративные функции. Последние, для поверхностей деревянных изделий, оцениваются параметрами качества: коэффициентами зеркального отражения и яркости.

**Зеркальное отражение** – это возвращение световой волны при её падении на поверхность раздела двух сред. Количественно эта величина оценивается коэффициентом зеркального отражения, представляющий собой степень отражения светового, потока от поверхности в процентах относительно эталона при геометрий освещения/ наблюдения  $45^\circ/45^\circ$ .

Степень белизны поверхности в видимой области спектра при восприятии человеческим глазом количественно оценивается **коэффициентом яркости**. Этот параметр определяется в процентах относительно эталона белого цвета при геометрии освещения/наблюдения  $45^\circ/0^\circ$ . таким образом, обе характеристики, поверхности лакокрасочных покрытий определяются по сравнению с эталонами, т.е. **относительным методом измерения**.

Определенная часть световых волн, падающих на поверхность изделия, поглощается ею, а часть - отражается от нее. Отражательная способность у материалов различна и зависит от шероховатости поверхности, направления следов обработки, природы материала и качества покрытия.

Лакокрасочные материалы по степени блеска **нормируются** и разделяются на шесть групп: высокоглянцевые –  $>60\%$ ; глянцевые –  $59-40\%$ ; полуглянцевые –  $39-25\%$ ; полуматовые –  $24-10\%$ ; матовые –  $9-3\%$ ; глубокоматовые – менее  $3\%$  /7.1/.

Сущность метода определения блеска покрытий заключается в измерении величин фототока, возбуждаемого в фотоприемнике под действием пучка света, отраженного от контролируемой поверхности. Метод обеспечивает количественную оценку блеска покрытий, которую выражают в процентах в соответствии с показаниями шкалы прибора.

Фотоэлектрический блескомер модели ФБ-2 (рис. 1) состоит из измерительного прибора и преобразователя (для преобразования изменения напряжения на нагрузке фотоэлемента), функционально связанного со степенью белизны и блеска покрытий, в форму, доступную для непосредственного восприятия (в перемещение стрелки показывающего прибора). В качестве показывающего прибора в конструкции блескомера применен микроамперметр М136.

Метрологические характеристики прибора приведены в табл.2.

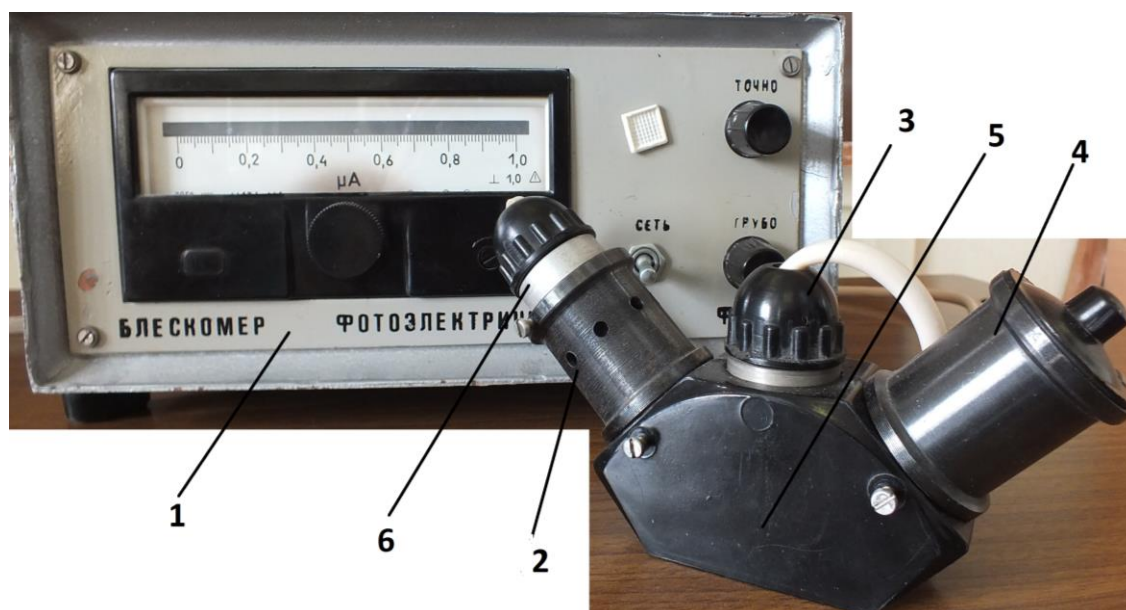


Рисунок 1. Блескомер фотоэлектрический типа ФБ-2;  
1– приборизмерительный; 2 – тубус приемника света; 3 – источник света; 4 – тубус источника света; 5 – корпус преобразователя;  
6 – фотоэлемент

Таблица 2 – Метрологические характеристики прибора ФБ-2

Измеряемый параметр	Диапазон измерений, %	Абсолютная погрешность, %	Цена деления шкалы, %	Пределы шкалы, измерительного прибора, мкА	Продолжительность однократного измерения, мин
Коэффициент зеркального отражения	0-65	±4	1	0-1	Не более 2
Коэффициент яркости	0-100				

С помощью блескомера также можно измерять блеск изделий из пластика, искусственной и натуральной кожи, печатной продукции, полированного камня. В случае измерения блеска камня(гранит, мрамор) блескомером можно оценивать степень блеска камня после проведения полировки. Известно, что степень блеска натуральной и искусственной кожи меняется после применения специальных средств для ухода за кожей. Оценивать эффективность таких средств также можно с помощью блескомера, измеряя блеск изделий из кожи до обработки кремом и после обработки.

Поверочная (эталонная) пластинка, блестящей поверхности, представляет собой темное увиолевое стекло (ИКС-6), блеск

(коэффициент зеркального отражения) которой по этому прибору равен 65%. Точность метода определяется погрешностью применяемого прибора и для ФБ-2 составляет  $\pm 4\%$ .

Рабочий стандартный образец белой поверхности, представляет собой пластинку из молочного стекла МС-20 (белого цвета) с коэффициентом яркости  $(93 \pm 7)\%$  при геометрии освещения/наблюдения  $45^\circ/0^\circ$

При определении *степени блеска* параллельный пучок лучей, отразившись от поверхности контролируемого образца и пройдя через диафрагму. Фокусируется на Фотоэлементе, установленном под углом  $45^\circ$  от нормали к контролируемой поверхности. Показания блескомера, умноженное на 100%, является коэффициентом зеркального отражения. при геометрии освещения/наблюдения  $45^\circ/45^\circ$

При определении *степени белизны* параллельный пучок лучей, отразившись от поверхности контролируемого образца направляется на приемник света (Фотоэлемент), установленный под углом  $45^\circ$  к направлению, падения лучей в среднее отверстие корпуса преобразователя, где Фототок, возникающий в результате освещения Фотоэлемента, вызывает падение напряжения на нагрузочном резисторе и измеряется при помощи микроамперметра М136. Показания блескомера, умноженное на 100%, является коэффициентом яркости. при геометрии освещения/наблюдения  $45^\circ/0^\circ$

## **5 Порядок выполнения лабораторной работы**

5.1 Ознакомиться с общими, положениями методического руководства.

5.2 Оформить отчет в соответствии с приложением.

5.3 Произвести настройку микроамперметра – установить световой указатель на начальную отметку шкалы – для чего следует ослабить винт, которым крепится фотоэлемент к тубусу приемника света, и закрыть рабочую поверхность фотоэлемента; бумагой. При этом указатель микроамперметра должен находиться на начальной отметке шкалы, в противном случае следует повернуть корректор в нужную сторону.

5.4 Определить коэффициент зеркального отражения поверхности (степени блеска).

5.4.1 Установить Фотоэлемент в тубус приемника света ( $45^\circ/45^\circ$ ) и закрепить винтом.

5.4.2 Закрыть среднее отверстие в корпусе датчика крышкой и закрепить ее винтом.

5.4.3 Установить преобразователь блескомера на рабочий

стандартный образец блестящей поверхности (пластана черного цвета) и ручками с надписями "грубо" и "точно" подвести указатель микроамперметра к отметке шкалы, соответствующей указанному в свидетельстве образца коэффициенту зеркального отражения.

5.4.4 Перенести преобразователь на поверхность контролируемого образца, отметить показания блескомера по шкале, занести результаты, измерения в таблицу отчета.

5.4.5 Повторить измерения по п.п. 5.4.1 – 5.4.4 три раза для каждого из трех образцов.

5.5 Определить коэффициент яркости поверхности (степени белизны).

5.5.1 Ослабить винт, которым крепится Фотоэлемент к тубусу приемника света, перенести его в среднее отверстие корпуса преобразователя и закрепить, винтом.

5.5.2 Установить преобразователь на рабочий стандартный образец белой поверхности (пластина типа молочного стекла) и ручками с надписями "грубо" и "точно" подвести указатель микроамперметра к отметке шкалы соответствующей указанному в свидетельстве образца коэффициенту яркости.

5.5.3 Перенести преобразователь на поверхность контролируемого образца, отметить показание блескомера по шкале, занести результаты измерения в таблицу отчета.

5.5.4 Повторить измерения по п. п. 5.5.1 – 5. 5.3 три раза для каждого из трех образцов.

5.6 Обработать результаты измерениям.

5.6.1 Найти среднее арифметическое значение по формуле:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

и занести результат в таблицу отчета.

5.6.2 По результатам, измерений построить график зависимости параметров поверхности образцов от количества слоев лакового покрытия (толщина слоя покрытия).

5.6.3 Сделать заключение о годности деталей и характере брака (исправимый или неисправимый).

## **6 Контрольные вопросы**

6.1 Как нормируются параметры покрытий изделий по результатам измерений блескомером?

6.2 В чем заключается принцип работы Фотоэлектрического блескомера?

6.3 Измерения, каких параметров осуществляются блескомером?

6.4 Каковы различия в настройке датчика блескомера при измерении степени белизны покрытий и степени блеска?

6.5 Как осуществляется настройка, микроамперметра блескомера?

## **7 Литература**

7.1 ГОСТ Р 31975-2017. Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий под углом 20°, 60° и 85°. М.: Стандартинформ, 2017.

7.2 ГОСТ 896-69. Материалы лакокрасочные. Фотоэлектрический метод определения блеска. М.:ИПК Изд-во стандартов, 2003.

7.3 В.Д. Мочалов. Метрология, стандартизация, сертификация, взаимозаменяемость и технические измерения. Уч. пособие, 2012.

## **8 Форма отчета**

8.1 Цель работы.

8.2 Оборудование и принадлежности.

8.3 Принципиальная схема устройства.

8.4 Технические и метрологические характеристики:

Тип прибора –

Цена деления шкалы, % . –

Диапазон измерений, % –

Абсолютная погрешность –

Пределы шкалы, мкА –

Продолжительность однократного измерения, мин. –

8.5 Результаты измерений.

Таблица 1 – Результаты измерений

Характеристики образца		Коэффициент зеркального отражения				Коэффициент яркости			
Вариант	Количество слоев лака	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$\bar{y}$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$\bar{y}$
I	1								
	2								
	3								
II	1								
	2								
	3								
III	1								
	2								
	3								

8.6 Графики зависимости параметров поверхности образцов от количества слоев лакового покрытия (толщины слоя покрытия).

8.7 Заключение о годности.

Сорочкина О.Ю., Русин А.П.

Лабораторная работа №22

## **«Нормирование и контроль параметров качества водно-спиртовых растворов»**

### **1 Цель работы**

Ознакомиться с методикой и средствами измерения параметров качества водно-спиртовых растворов; получить практические навыки нормирования параметров качества растворов и корректировки его состава до значений, допустимых нормативным документам.

### **2 Оборудование**

2.1 Ареометр.

2.2 Набор стеклянных колб.

2.3 Стеклянный цилиндр, воронка.

2.4 Дистиллированная вода.

2.5 Таблица соответствия плотности раствора его крепости.

### **3 Общие сведения**

Растворами называются физико-химические системы, состоящие из двух и более компонентов и продуктов их взаимодействия. Растворы состоят из растворителя и растворенного вещества. С термодинамической точки зрения растворы – фазы переменного состава, в которых при данных внешних условиях соотношение компонентов может непрерывно меняться. Растворы характеризуются следующими параметрами:

Концентрация – это количество (масса, объем и т.д.) растворенного вещества в количестве (массе, объеме и т.д.) растворителя или раствора.

Существует несколько способов выражения концентрации, наиболее распространенные из них представлены ниже:

1) Массовая доля определяется массой растворенного вещества в единице массы раствора:

$$W = m_1 / (m_1 + m_2),$$

где  $W$  – массовая доля;  $m_1$  – масса первого компонента (растворенного вещества),  $m_2$  – масса второго компонента раствора (растворителя).

Массовый процент (процентная концентрация) – масса растворенного вещества в ста единицах массы раствора (количество граммов растворенного вещества в 100 граммах раствора). Учитывая, что процент – это сотая часть, в расчетах вместо числа, показывающего процент содержания компонента, используют соответствующее ему число, долей единицы, например, вместо 40% используют 0,4, вместо 2% – 0,02 и т.п.



$$W, \% = m_1 \cdot 100\% / (m_1 + m_2).$$

Плотность – величина, определяемая для однородного вещества его массой в единице объема.

Для измерения плотности растворов используются ареометры (рис. 1) и плотномеры (рис. 2).

Ареометры бывают разных видов, в зависимости от того, какой именно жидкости плотность нужно измерять:

- ареометр общего назначения серии АОН;
  - ареометр для молока серии АМ;
  - ареометр для спирта (спиртомер) серии АСП
- и другие, например, для кислот, грунта, сахара и пр.

Принцип действия ареометра основан на законе Архимеда о равенстве силы выталкивания тела весу вытесненной этим телом жидкости.

В большинстве случаев ареометр представляет собой герметичную стеклянную колбу, внизу которой располагается груз (ртуть или дробь). Этот груз плотно фиксируется специальным составом, для того чтобы центр тяжести не смещался по сторонам и обеспечивал вертикальное положение ареометра при погружении в жидкость. В верхней части колбы расположена шкала делений, по которой и определяется плотность измеряемой жидкости в зависимости от назначения ареометра.

Ареометр для измерения плотности водно-спиртовых растворов называется спиртомером. Наряду с обычными спиртомерами (рис.1) существуют оптические спиртомеры типа «ИКОНЭТ-М» и электронные типа «Денсимит-Алкомат» (рис.2).



Рисунок 1. Спиртомер



Рисунок 2. Электронный  
«Денсимит-Алкомат»

Принцип измерения плотности с помощью плотномера заключается в следующем: внутри плотномера с определенной частотой вибрирует

полая стеклянная трубка. При наполнении трубки частота колебаний изменяется : чем больше масса образца, тем ниже частота собственных колебаний. Частота измеряется, а затем пересчитывается в плотность. Цифровые плотномеры измеряют те же параметры, что и обычные плотномеры, но с более высокой точностью и за короткое время.

#### **4 Методика определения концентрации водно-спиртовых растворов**

4.1 Определение концентрации водно-спиртового раствора как одного из физико-химических показателей качества производится при помощи стеклянного спиртомера путем его погружения в раствор и соответствующего отчета по шкале спиртомера.

4.2 Перед измерением испытуемый раствор наливают в стеклянный цилиндр осторожно по стенке цилиндра во избежание появления пузырьков воздуха.

4.3 Стеклянный цилиндр и спиртомер должны быть предварительно тщательно вымыты теплой водой и насухо вытерты.

4.4 Перед погружением спиртомера раствор необходимо тщательно перемешать.

4.5 Взяв спиртомер за верхний конец стержня, опускают его в раствор так, чтобы он свободно погружался под действием своей массы.

Спиртомер должен плавать в растворе, не касаясь стенок цилиндра.

4.6 Выждав 3–4 мин. Для того, чтобы спиртомер принял температуру жидкости, смотрят, в каком месте уровень жидкости пересекает шкалу спиртомера.

4.7 Одновременно с определением крепости водно-спиртового раствора измеряют его температуру.

#### **5 Корректировка концентрации растворов**

В случае несоответствия концентрации раствора номинальному значению необходимо провести ее корректировку. Так, **иногда возникает необходимость разбавить раствор**, чтобы изменить первоначальную концентрацию.

Рассчитать концентрацию полученного раствора можно, используя уравнение:

$$W = m_1 / (m_1 + m_2 + m_3), \quad (1)$$

где  $W$  – массовая доля,  $m_1$  – масса первого компонента (растворенного вещества),  $m_2$  – масса второго компонента раствора (растворителя),  $m_3$  – добавленная масса второго компонента раствора (растворителя).

Если необходимо смешать растворы, образованные одинаковыми компонентами, различных концентраций, то надо уметь рассчитать

концентрацию нового раствора.

Правило смешивания растворов различной концентрации:

$$W_3 = (W_1 \cdot m_1 + W_2 \cdot m_2) / (m_1 + m_2), \quad (2)$$

где  $W_1$  – концентрация первого раствора,  $W_2$  – концентрация второго раствора,  $W_3$  – концентрация полученного раствора после смешивания первого и второго раствора,  $m_1$  и  $m_2$  – массы первого и второго растворов соответственно.

## **6 Экспериментальная часть**

6.1 СИТУАЦИЯ. На экспертизу представлены образцы продукции трех разных партий водно-спиртовых растворов:

- первая партия № 20-04-14 объемом 250 литров;
- вторая партия № 21-04-14 объемом 300 литров;
- третья партия № 22-04-14 объемом 400 литров.

Согласно стандарту, при проверке на предприятии изготовителе допускаются отклонения от установленной нормы по концентрации, %  $\pm 0,2$  – для отдельной бутылки;  $\pm 0,1$  – для 20 бутылок.

В случае отклонения концентрации раствора на  $\pm 0,2$  % от его номинального значения проводится корректировка его состава, представляющая собой увеличение одного из составляющих компонентов водно-спиртового раствора.

### **6.2 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ**

ЗАДАЧА 1. Провести экспертную оценку соответствия продукции всех трех партий требованиям стандарта по концентрации  $40 \pm 0,2$  %.

Измерения проводятся в соответствии с разделом 4 с последующим заполнением таблицы 1 формы отчета.

По результатам измерений сделать вывод о годности продукции каждой партии в произвольной форме с обязательным словесным обоснованием.

ЗАДАЧА 2. По результатам экспертной оценки рассчитать корректировку концентрации растворов для введения их в допустимые пределы. Задача может содержать 2 варианта условий.

Вариант А – партия имеет концентрацию раствора выше верхнего допустимого предела и корректировка заключается в добавлении в раствор воды.

Например: водно-спиртовой раствор объемом 500 литров имеет концентрацию 45 % при допустимом значении  $40 \pm 0,2$  %.

Чтобы изменить первоначальную концентрацию и рассчитать концентрацию нового полученного раствора, используем уравнение (1).

Для получения ответа преобразуем уравнение (1). Учитывая, что концентрация 45% предполагает наличие 45 г растворенного вещества в

55 г растворителя (45 г растворенного вещества на 100 г раствора), имеем:

$$m_3 = (m_1 - W_2(m_1 + m_2)) / W_2 = (45 - 0,4(45 + 55)) / 0,4 = 12,5 \text{ г}$$

В результате получили, что надо добавить 12,5 г дистиллированной воды в 100 г 45 % раствора, чтобы получить необходимую концентрацию. Тогда количество воды для партии объемом 500 л составит 62,5 л. Учитывая, что плотность  $\rho$  воды составляет 1 г/см<sup>3</sup>, то объем воды будет численно равен массе воды.

Вариант Б – партия имеет концентрацию раствора ниже нижнего допустимого предела и корректировка заключается в добавлении к раствору спирта.

Например, водно-спиртовой раствор объемом 300 литров имеет концентрацию 35 % при допустимом значении  $40 \pm 0,2$  %. Концентрация спирта, используемая на предприятии производителя – 96%.

Воспользуемся формулой 2:  $0,4 = (0,35 \cdot 100 + 0,96 \cdot m_2) / (100 + m_2)$ .

Отсюда находим  $m_2$ :

$m_2 = 9$  г (спирта), учитывая, что плотность  $\rho$  (спирта) = 0,8014 г/см<sup>3</sup> (табл.2) объем спирта =  $9 / 0,8014 = 11,2$  см<sup>3</sup>.

Таким образом, количество спирта для партии 300 л составит 27 кг, а с учетом плотности спирта, его объем составит 33,69 см<sup>3</sup>.

После добавления спирта раствор необходимо тщательно перемешать и измерить концентрацию.

## 7 Порядок выполнения работы

7.1 Измерить трижды концентрацию 3-х партий растворов ареометром – спиртомером (раздел 4). Данные записать в таблицу 1 отчета.

7.2 Сделать вывод о годности растворов в соответствии с ГОСТ.

7.3 В случае несоответствия концентраций растворов стандартным значениям провести корректировку концентрации растворов.

## 8 Форма отчета

8.1 Цель работы.

8.2 Оборудование.

Таблица 1

Номер партии	Объем партии, л	Концентрация растворов, %			Среднее значение концентр. %
		1-е изм	2-е изм.	3-е изм	
20-04-14					
21-04-14					
22-04-14					

8.3 Составить заключение эксперта по каждой партии.

8.4 Произвести корректировку состава водно-спиртового раствора (с учетом среднего значения из таблицы 1).

8.5 Решить задачу (вариант А).

8.6 Решить задачу (вариант Б).

Таблица 2 - Плотность водных растворов этилового спирта

Концентрация		$\rho$
%	г/л	
2	19,89	0,9945
4	39,64	0,9910
32	304,1	0,9504
34	321,9	0,9468
36	339,5	0,9431
38	356,9	0,9392
40	374,1	0,9352
42	391,1	0,9311
44	407,8	0,9268
46	424,4	0,9226
48	440,7	0,9182
50	456,9	0,9138
94	758,6	0,8070
96	769,3	0,8014
98	779,6	0,7955
100	789,3	0,7893

## 9 Литература

9.1 ГОСТ 3639-79 «Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации этилового спирта».

9.2 ГОСТ 18481-81 «Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия».

## 10 Вопросы для самопроверки

10.1 Что называется раствором?

10.2 Что такое концентрация раствора?

10.3 Какие Вы знаете способы выражения концентрации растворов?

10.4 Дайте определение плотности растворов. Какими приборами измеряется плотность ?

10.5 Опишите конструкцию и принцип работы ареометра ?

10.6 Каковы предельные параметры концентрации раствора согласно ГОСТа ?

10.7 В чем смысл корректировки концентрации растворов ?

10.8 Для чего необходимо перемешивать раствор после добавления в него воды или спирта?

Атоян Т.В.

Лабораторная работа №23

**«Нормирование точности в строительстве»**

**1 Цель работы:** ознакомиться с системой нормирования точности в строительстве и проконтролировать геометрические параметры кирпича.

**2 Объект нормирования и контроля:** кирпич 1НФ (обозначение размера изделия в соответствии с ГОСТ530), применяемый для кладки и облицовки несущих, самонесущих и ненесущих стен и других элементов зданий и сооружений (рис.1).

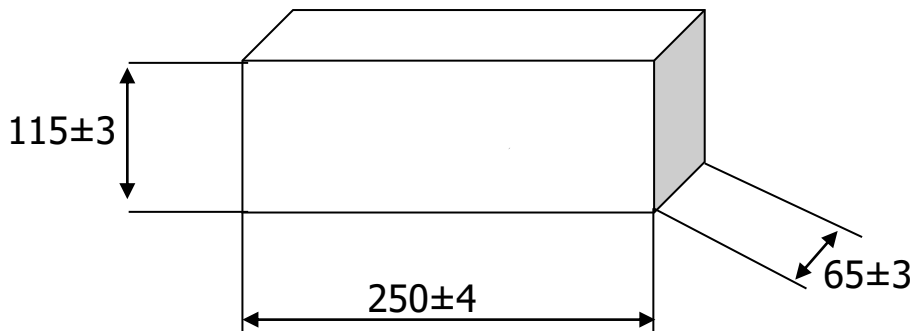


Рисунок 1. Схема кирпича 1НФ

Отклонения от перпендикулярности смежных граней изделий не допускается более 3 мм.

Отклонение от плоскостности граней изделия не допускается более 3 мм.

**3 Оборудование и средства измерений:** плита поверочная ГОСТ 10905-86, щуп, калиброванный в установленном порядке или металлические линейки по ГОСТ 427-75, штангенциркули по ГОСТ 166-89, угольники по ГОСТ 3749-77

**4 Основные положения обеспечения точности геометрических параметров в строительстве**

В строительстве, аналогично машиностроению действует система обеспечения точности геометрических параметров при проектировании и строительстве зданий и сооружений. ГОСТ 58938-2020 устанавливает требования к точности конструкций, их изделиям и выполнения работ, а также методы и средства технологического обеспечения и контроля точности.

Точность изготовления изделий характеризуют допусками и предельными отклонениями их линейных размеров, а также формы и взаимного расположения поверхностей. Точность формы поверхностей призматических прямоугольных изделий характеризуют допусками прямолинейности и предельными отклонениями от прямолинейности и

допусками плоскостности и предельными отклонениями от плоскостности, а точность взаимного положения этих поверхностей этих изделий – допусками перпендикулярности и предельными отклонениями от перпендикулярности.

Допуски линейных размеров изделий регламентируют точность их изготовления по длине, ширине, высоте, толщине или диаметру, точность размеров и положения выступов, выемок, отверстий, проемов, крепежных соединительных деталей. Эти допуски принимают по таблице 1 в зависимости от номинального размера точности.

Таблица 1 – Допуски линейных размеров, мм

Интервал номинального размера L	Значение допуска для класса точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 20	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4	4	6	10
Св. 20 до 60	0,30	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	12
Св. 60 до 120	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6	10	16
Св. 120 до 250	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	8	12	20
Св. 250 до 500	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10	16	24
-----									
Св. 25000 до 40000	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40	60	100	160
Св. 40000 до 60000	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0	80	120	200
Значение K	0,10	0,16	0,25	0,4	0,60	1,0	1,6	2,5	4,0

K – коэффициент точности, устанавливающий число единиц допуска для данного класса точности

Допуски прямолинейности и плоскостности принимаются по таблице 2 для рассматриваемых сечений изделий на всю длину изделий или на заданной длине в зависимости от номинального значения этого размера.

Таблица 2 – Допуски прямолинейности, мм

Интервал номинального размера L	Значение допуска для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 1000	2,0	3	5	8	12	20
Св. 1000 до 16000	2,4	4	6	10	16	24
Св. 1600 до 2500	3,0	5	8	12	20	30
-----						
Св. 25000 до 40000	10,0	16	24	40	60	100
Св. 40000 до 60000	12,0	20	30	50	80	120
Значение K	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5

Допуски перпендикулярности поверхностей принимают в зависимости от меньшего номинального размера L поверхностей – табл. 3.

Таблица 3 – Допуски перпендикулярности, мм

Интервал номинального размера L	Значение допуска для класса точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 250	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	8	12	20
Св. 250 до 500	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10	16	24
Св. 500 до 1000	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	12	20	30
Св. 1000 до 1600	1,0	1,6	2,4	4,0	6	10	16	24	40
Св. 1600 до 2500	1,2	2,0	3,0	5,0	8	12	20	30	50
Св. 2500 до 4000	1,6	2,4	4,0	6,0	1,0	16	24	40	60
Значение K	0,16	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,0

Допусками прямолинейности, плоскостности и перпендикулярности поверхностей регламентируют также точность формы и взаимного положения отдельных поверхностей простых непризматических изделий.

Изделия принимаются партиями. Объем партии устанавливают в количестве не более суточной выборки одной печи. Качество изделий подтверждают приемочным контролем готовых изделий. Приемочный контроль включает в себя приемо-сдаточные испытания. Отобранные изделия проверяют на соответствие требованиям по внешнему виду, размерам и правильности формы, а затем испытывают.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 приемочное число определяется в зависимости от объема партии по таблице 4.

Таблица 4 – Приемочное число партии изделий

Объем партии	Приемочное число	Объем партии	Приемочное число
50	1	500	10
80	2	800	14
125	3	1250	21
200	5	3000	30
315	7	3150	41

## 5 Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы

5.1 Ознакомиться с основными положениями обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.

5.2 Выбрать средства измерения (СИ) для контроля длины, высоты и ширины кирпича. Погрешность измерения –  $\pm 1$  мм.



5.3 Проконтролировать выбранным СИ основные параметры кирпича (длина, толщина и ширина) в трех значениях по краям – на расстоянии 15 мм от угла и в середине ребер противоположных граней в произвольных поверхностях. Результаты контроля занести в табл. 1 отчета.

5.4 За результат измерения принять среднеарифметическое значение трех измерений и занести в табл. 1 отчета.

5.5 Выбрать СИ для контроля отклонения от перпендикулярности смежных граней. Прикладывая угольник к смежным граням изделия и измеряя металлической линейкой по ГОСТ 427 наибольший зазор между угольником и гранью. Проконтролировать в трех местах на различных поверхностях и результаты контроля занести в таблицу 5 отчета. Погрешность измерений -  $\pm 1$  мм.

5.6 За результат измерения принять наибольший из трех результатов измерений и занести в табл. 2 отчета.

5.7 Выбрать СИ для контроля отклонения от плоскостности изделия. Прикладывая одну сторону металлического угольника к ребру изделия, а другую – вдоль каждой диагонали грани и измеряя металлической линейкой по ГОСТ 427-75 наибольший зазор между поверхностью и ребром угольника. Проконтролировать в трех местах и результаты контроля занести в табл. 2 отчета. Погрешность измерений –  $\pm 1$  мм.

5.8 За результат измерения принять наибольший из трех результатов измерений и занести в табл. 5 отчета.

5.9 Сделать вывод о качестве кирпича по его геометрическим параметрам.

## **6 Контрольные вопросы**

6.1 Какие допуски точности предусмотрены в строительстве?

6.2 Какие отклонения от формы предусмотрены в строительстве?

6.3 Какие виды испытаний используются в строительстве при контроле готовых изделий?

6.4 Как определяется объем партии изделий?

6.5 Какие средства измерений используются при контроле качества параметров кирпича?

6.6 Какая допустимая погрешность средств измерений?

6.7 Какой допуск на геометрические параметры кирпича?

## 7 Рекомендуемая литература

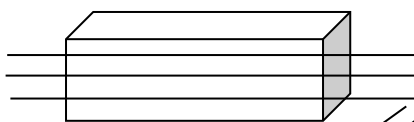
- 7.1 ГОСТ 21778 – 81 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения
- 7.2 ГОСТ 21779 – 82 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски
- 7.3 ГОСТ 530 – 2012 Межгосударственный стандарт. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия
- 7.4 ГОСТ Р 50779.70-99 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку.

Приложение А

### Форма отчета

1. Цель работы
2. Оборудование и средства измерений
3. Схемы измерений:

- по длине:



- по ширине:



- по высоте:

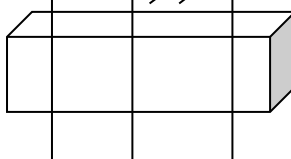


Таблица 1 – Результаты контроля по геометрическим параметрам

Контролируемый размер, мм	Предельные отклонения размера, допуск, мм	Допустимая погрешность измерения, мм	Допустимая погрешность СИ, мм	Цена деления СИ, мм	Результаты измерения, мм			Среднее арифметическое значение
					1	2	3	
Длина 250±4								
Толщина 65±3								
Ширина 115±3								

Таблица 2 – Результаты контроля по отклонениям от перпендикулярности и плоскостности

Контролируемое отклонение, мм	Предельные отклонения размера, допуск, мм	Допустимая погрешность измерения, мм	Допустимая погрешность СИ, мм	Цена деления СИ, мм	Результаты измерения, мм			Среднее арифметическое значение
					1	2	3	
От перпендикулярности								
От плоскостности								

Выводы: заключение о годности кирпича по геометрическим параметрам и отклонениям от перпендикулярности и плоскостности.