



16

**СУММАРНЫЕ ДОПУСКИ  
ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ**

**1991**



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Харьковский ордена Ленина авиационный институт  
им. Н.Е. Жуковского

СУММАРНЫЕ ДОПУСКИ ФОРМ  
И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Описание лабораторной работы  
по курсу "Взаимозаменяемость, стандартизация  
и технические измерения"

Харьков ХАИ 1991



## 1. Цель работы

1. Ознакомиться с основными нормами взаимозаменяемости по форме и расположению поверхностей, с шероховатостью и волнистостью поверхностей.
2. Приобрести навыки контроля полного радиального, полного торцового биения и биения в заданном направлении.
3. Изучить правила указания допусков формы и расположения геометрических элементов.
4. Проставить условные знаки на чертеже.

## 2. Приборы и принадлежности

1. Прибор для измерения биения цилиндрических изделий.
2. Штангенциркуль.
3. Деталь с наружным и внутренним диаметрами, а также поверхностью с уклоном и торцовой плоскостью.

## 3. Некоторые общие сведения о допусках формы и расположения поверхностей, взаимозаменяемости по форме и расположению поверхностей.

Точность геометрических параметров деталей характеризуется не только точностью размеров их элементов, но и точностью формы и взаимного расположения поверхностей.

Поверхности деталей, полученные после окончательной обработки, всегда отличаются от номинальных поверхностей (заданных чертежом и технической документацией) как по форме, так и по расположению и, кроме того, имеют шероховатость или ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров. Отклонения (погрешности) формы и расположения поверхностей возникают в процессе обработки деталей из-за неточности и деформации станка, инструмента, приспособления, деформации обрабатываемого изделия, неравномерности припуска на обработку, неоднородности материала заготовки и т.д. Отклонения формы и расположения поверхностей деталей машин и механизмов искажают характер соединения, снижают точность взаимного расположения составных частей и точность их относительного перемещения при работе,



повышают износ из-за нарушения целостности смазочного слоя и местного возрастания контактных напряжений, отрицательно влияют на проточность соединений с натягом, повышают трудоемкость сборки. Поэтому все отклонения формы и расположения поверхностей ограничиваются допусками.

Наибольшее допустимое значение отклонения формы назовем допуском формы (рис. 1), а предел, ограничивающий допустимое зна-

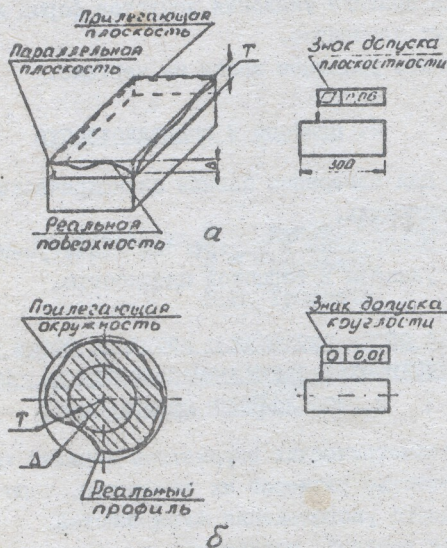


Рис. 1. Отклонение формы: а — отклонение от плоскостности и допуск плоскостности; б — отклонение от круглости и допуск круглости

чение отклонения расположения, — допуском расположения.

Допуски формы или расположения обычно относят к нормируемому участку. Если нормируемый участок в обозначении не указан, то допуск относится ко всей поверхности или длине нормируемого элемента детали.

Элемент — это обобщенный термин, под которым в зависимости от соответствующих условий может приниматься поверхность, линия, точка.



**Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей должны соответствовать ряду числовых значений предпочтительных чисел ряда R 10** формы и расположения с округлением некоторых их значений для удобства отсчета по шкале измерительных приборов (3,2 - до 3 и 6,3 - до 6).

Для обеспечения долговечности работы машин, деталей и их монтажной взаимозаменяемости необходимо, чтобы конструктор установил допуски на формы и расположение поверхностей и указал их на рабочих чертежах деталей так же, как указан допуск на размер.

Для каждого вида допусков формы и расположения установлено 16 степеней точности в порядке уменьшения (с I-го по 16-й), ГОСТ 24643-81. Числовые значения допусков от одной степени к другой изменяются с постоянным коэффициентом 1,6.

В стандартах рекомендуются следующие уровни относительной геометрической точности, которые характеризуются соотношением между допуском формы и расположения и допуском размера (см. таблицу):

A - нормальная относительная геометрическая точность, когда для допуска формы и расположения используется примерно 60 % допуска размера;

B - повышенная точность (для допуска формы и расположения) используется 40 % допуска размера);

C - высокая точность (для допуска формы и расположения используется примерно 25 % допуска размера).

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням A, B; и C относительной геометрической точности, составляют примерно 30, 20 и 12 % допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера - отклонение диаметра поверхности.

Отклонение формы можно выражать как частными показателями (например, выпуклостью, вогнутостью, овальностью, огранкой, конусообразностью, бочкообразностью, седлообразностью), так и комплексными (прямолинейностью, круглостью, отклонением профиля продольного сечения, плоскостностью, цилиндричностью).

Для комплексных отклонений цилиндрической поверхности и



Таблица

Уровни относительной геометрической точности  
и соответствующие им степени точности формы цилиндрических поверхностей

Квалитет допуска размера	4			5			6			7			8			9			10			11			12					
Уровни геометрической точности	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Степени точности	3	2	1	4	3	2	5	4	3	6	5	4	7	6	5	8	7	6	9	8	7	10	9	8	11	10	9	12	11	10



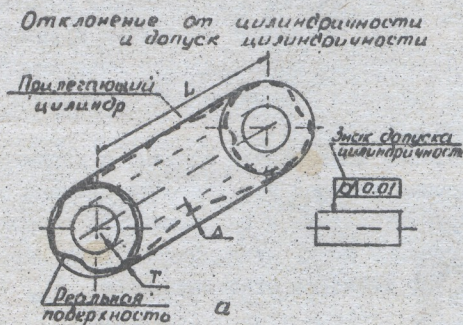
огранки отклонение от формы

$$\Delta = R - z,$$

для остальных частных отклонений от формы цилиндрической поверхности

$$\Delta = 0,5(d_{\max} - d_{\min}).$$

Для цилиндрических поверхностей наиболее важным в комплексном отклонением является отклонение от цилиндричности (рис. 2а) -



Отклонение и допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности.

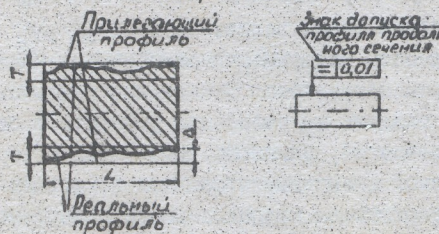


Рис. 2. Отклонение расположения: а - отклонение от цилиндричности и допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности

наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка  $l$  ( $T$  - допуск цилиндричности).

Итак, отклонение формы - это отклонение реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля (см. рис. 1, 2).



Под номинальной поверхностью (номинальным профилем) понимают идеальную поверхность (профиль), номинальная форма которой (которого) задана чертежом или другой технической документацией.

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности.

В отклонение формы включается волнистость поверхности - это совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояние между соседними вершинами превышает базовую длину  $l$  для имеющейся шероховатости поверхности. Волнистость поверхности является промежуточной категорией отклонений между микро- и макрогеометрией.

Возникновение волнистости связано с динамическими процессами, вызываемыми потерей устойчивости системы станок-приспособление-инструмент-деталь и выражающимися возникновением вибрации.

Условно границу между отклонениями форм поверхности можно установить по величине отношения шага  $S_w$  к высоте неровностей  $W_z$ :

- шероховатость поверхности  $S_w/W_z < 40$  ( $\frac{S_w}{R_z} < 40$ );
- волнистость поверхности  $40 \leq S_w/W_z \leq 1000$ ;
- отклонение формы поверхности  $S_w/W_z \geq 1000$ .

Шероховатость поверхности относится к категории микрогеометрии, т.е. рассматривается отклонение реальных поверхностей от номинально гладких на небольших участках с относительно малыми шагами неровностей, длина базовых линий которых  $l$  устанавливается такой величины, чтобы при измерении высотных параметров, характеризующих шероховатость поверхности, по возможности не накладывалось влияние волнистости поверхности (рис. 3).

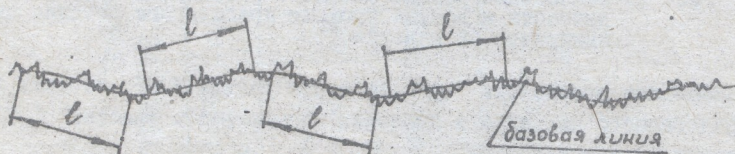


Рис. 3. Волнистость поверхности



Отклонение расположения - это отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от номинального.

Номинальное расположение - расположение рассматриваемого элемента (поверхности или профиля), определяемое номинальными линейными и угловыми размерами между ними и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы.

База - элемент детали (или сочетание элементов, выполняющих ту же функцию), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента. Базами, например, являются: плоскость симметрии, ось базовой поверхности, плоскость, ось поверхности вращения, ось нескольких поверхностей вращения.

Отклонения расположения поверхностей и профилей всегда сочетаются с отклонениями формы. При изготовлении изделий и их измерениях указанные отклонения могут проявляться раздельно или совместно (рис. 4, 5, 6). Виды отклонений расположения поверхностей:

- отклонения от перпендикулярности плоскостей, осей и прямых, осей и плоскостей (рис. 4, 6);
- отклонения от параллельности прямых в плоскости, плоскостей, осей и плоскости осей (или прямых в пространстве), рис. 4, а;
- отклонение наклона;
- отклонение от соосности (рис. 5);
- отклонение от симметричности;
- позиционное отклонение;
- отклонение от пересечения осей.

Для параллельности, перпендикулярности и наклона допуском расположения является наибольшее допустимое значение отклонения расположения. Для соосности, симметричности, пересечения осей и позиционного допуска допуск расположения может быть задан в радиусном или диаметральных выражениях как наибольшее допустимое или удвоенное наименьшее допустимое значение отклонения расположения.

К суммарным допускам формы и расположения относятся в первую очередь радиальное и торцовое биения (рис. 6).

Радиальное биение - разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси. Допуск  $T$  радиального биения - наибольшее допустимое значение



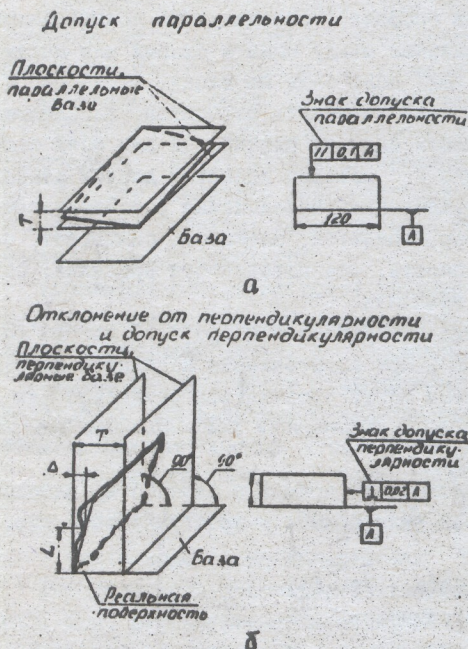


Рис. 4. Отклонение расположения: а - допуск параллельности; б - отклонение от перпендикулярности

радиального биения. Поле допуска радиального биения - область на плоскости, перпендикулярной базовой оси, ограниченная двумя концентричными окружностями с центром, лежащим на базовой оси, и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску радиального биения  $T$ . Это биение - главным образом следствие проявления эксцентриситета (отклонения от соосности обследуемой поверхности вращения относительно базовой оси) и одновременного влияния отклонений от круглости поперечного профиля в сечении измерения, выявляемых при повороте изделия вокруг базовой оси на  $360^\circ$  (рис. 6, а).

Полное радиальное биение - разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рис. 6, б).

Поле допуска - область в пространстве, ограниченная двумя цилиндрами, оси которых совпадают с базовой осью, а боковые поверхности отстоят друг от друга на расстоянии, равном допуску полного радиального биения  $T$ . Это биение является результатом совместного проявления отклонений от цилиндричности и соосности. При контроле полного радиального биения, поочередно вращая деталь, ее (или индикатор) следует дополнительно перемещать вдоль базовой оси вращения.

Торцовое биение - разность наибольшего и наименьшего рас-



стояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 6, в).

**Допуск Т торцового биения** — наибольшее допустимое значение торцового биения. **Поле допуска** — область на боковой поверхности цилиндра, диаметр которого равен заданному или любому (в том числе и наибольшему) диаметру торцовой поверхности, а ось цилиндра совпадает с базовой осью.

Боковая поверхность цилиндра ограничена двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг

от друга на расстоянии, равном допуску торцового биения  $T$ , и перпендикулярными базовой оси. Это биение является главным образом следствием отклонения от перпендикулярности торцовой поверхности к базовой оси вращения и одновременного влияния отклонений от плоскостности точек, лежащих на линии пересечения торцовой поверхности с секущим цилиндром заданного диаметра.

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

**Полное торцовое биение** — разность отклонения  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Поле допуска — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску полного торцового биения  $T$ , и перпендикулярными базовой

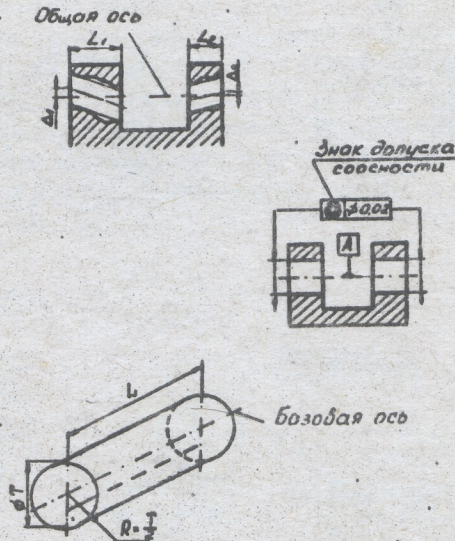


Рис. 5. Отклонение от соосности и допуск соосности



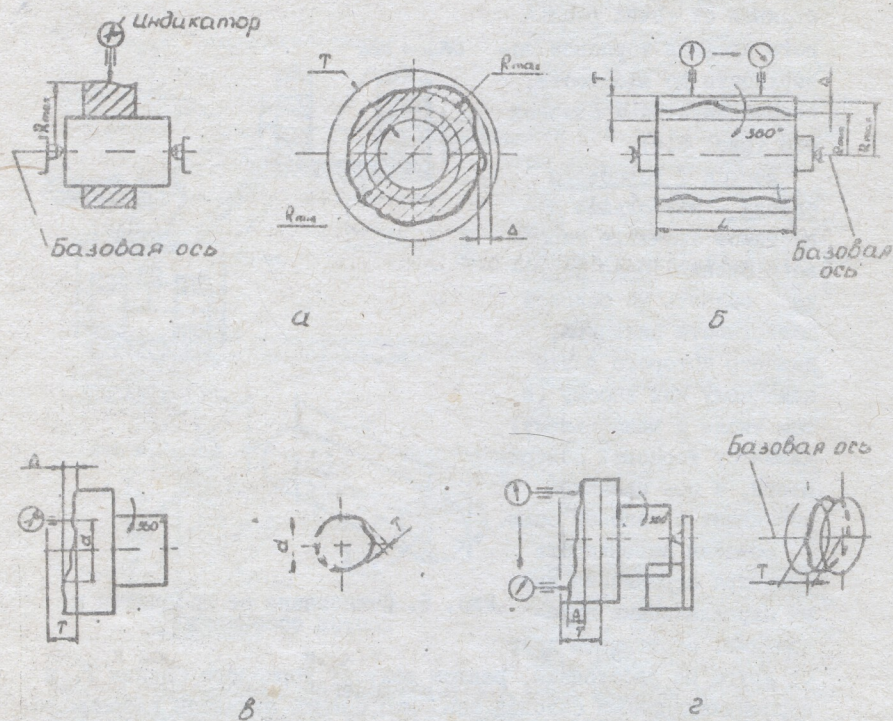


Рис. Биения : а - радиальное биение; б - полное радиальное биение; в - торцовое биение; г - полное торцовое биение

оси (рис. 6, г). Это отклонение - результат совместного проявления отклонений от плоскостности и перпендикулярности. При контроле полного торцового биения учитывают плоскостность всей торцевой поверхности, для чего измерения производят на различных радиусах, увеличивая их от центра к периферии (или наоборот). Разность наибольшего и наименьшего показаний дает искомое полное биение.

Биение в заданном направлении - это разность  $\Delta$  наиболь-



шего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которых совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление до вершины этого конуса.

Допуск биения в заданном направлении - наибольшее допустимое значение биения в заданном направлении. Поле допуска - область на боковой поверхности конуса, ось которого совпадает с базовой, а образующая имеет заданное направление, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии вдоль образующей конуса, равном допуску биения, и перпендикулярными базовой оси (рис. 7).

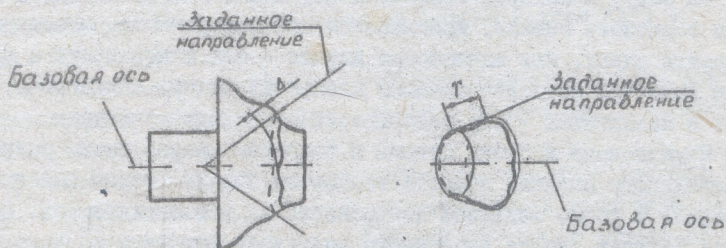


Рис. 7. Биение в заданном направлении

Примером совместного проявления отклонений размеров и формы профиля (поверхности), а также отклонений расположения относительно заданных баз является отклонение формы заданного профиля (поверхности).

Для обеспечения правильного подхода к нормированию допусков расположения и единого толкования их при изготовлении и контроле изделий установлены понятия о зависимых и независимых допусках расположения.

Зависимым называется допуск расположения, числовое значение которого переменное для различных деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и зависит от действительных размеров нормируемого и базового элементов. Зависимый допуск формы или расположения на чертеже обозначают условным знаком  $(M)$ .

Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей нор-



ируются ГОСТ 25069-81. Неуказанные допуски расположения и биения устанавливаются в зависимости от качества или класса точности, которым соответствует допуск размера рассматриваемого элемента или размера между элементами.

Допуск размера, по качеству или классу точности которого выбираются неуказанные допуски расположения и биения, называется определяющим допуском размера. Определяющий допуск может быть указан непосредственно у размера или оговорен общей записью о неуказанных отклонениях размеров.

Числовые значения неуказанных допусков радиального и торцового биения должны соответствовать приведенным в табл. 2 и 4 ГОСТ 25069-81 [ст. СЭВ 1911-79].

За базу, к которой относится неуказанный допуск радиального или торцового биения, принимается ось поверхности, имеющая большую длину, при одинаковых длинах — ось поверхности с допуском диаметра по более точному качеству, а при одинаковых длинах и качествах — ось поверхности с большим диаметром.

Неуказанные допуски биения в заданном направлении, полного радиального биения, полного торцового биения, формы заданного профиля и формы заданной поверхности не устанавливаются. Во всех случаях, когда необходимо назначить эти виды допусков, их указывают на чертеже.

#### 4. Порядок выполнения работ

1. Вставить в прибор для измерения биения цилиндрических изделий поверяемую деталь и закрепить ее в центрах.

2. Подвести оси индикатора к поверяемой поверхности и поставить стрелки индикатора на средние малой шкалы. Чувствительную стрелку индикатора вращением циферблата большей шкалы выставить на "0".

3. Записать показания индикатора в восьми точках через каждые  $45^\circ$ , вращая деталь на  $360^\circ$ . Повторить измерения в трех равноудаленных друг от друга плоскостях сечений E-E, F-F, G-G (см. рис. П.1), перпендикулярных к оси цилиндрической поверхности изделия. Данные измерения занести в табл. П.2.



Определить радиальное биение в каждой плоскости сечения и полное радиальное биение как алгебраическую сумму абсолютных значений наибольших и наименьших показаний индикатора и занести их в табл. П.2.

4. Настроить ось индикатора часового типа перпендикулярно наклонной поверхности изделия и определить аналогичным способом биение в заданном направлении. Результаты измерения занести в табл. П.2.

5. Перестроить прибор на измерение биения торцовой поверхности  $H_2I$  и измерить его на окружностях разных диаметров, включая и наибольший. Вращая деталь на  $360^\circ$ , записать результаты промежуточных восьми значений (через каждые  $45^\circ$ ) в табл. П.1.

Определить торцовое биение и полное торцовое биение как алгебраическую сумму абсолютных значений наибольших и наименьших показаний индикаторов.

6. Зная номинальный диаметр (размер), качество допуска размера и задаваясь относительной геометрической точностью, определить по ГОСТ 24643-81 ст. СЭВ 636-77 допуск торцового биения и полного торцового биения, допуск радиального биения и полного радиального биения, используя таблицу уровней относительной геометрической точности и соответствующих им степеней точности формы цилиндрических поверхностей.

7. Дать заключение о годности цилиндрического изделия.

8. Обозначить и проставить на эскизе изделия необходимые допуски формы и расположения, суммарные допуски формы и расположения (допуск полного радиального и полного торцового биения).

9. По данным табл. П.2 построить круглограммы биения.

10. Определить по ГОСТ 25069-84 от СЭВ I9II-79 и оговорить в отчете неуказанные допуски радиального биения и неуказанные допуски торцового биения.

11. Оформить отчет и сдать преподавателю. По окончании работы привести в порядок рабочее место.



5. Контрольные вопросы

1. Что мы называем допусками размера, формы и расположения? Какова зависимость между допусками размера, формы и расположения.
2. Что мы называем отклонением формы поверхности? Как разделяются показатели, выражающие отклонение формы?
3. Что такое волнистость, шероховатость поверхности? Каковы критерии, разграничивающие понятия шероховатости от волнистости, волнистости от отклонения формы поверхности?
4. Что мы называем отклонением расположения поверхности? Каковы виды отклонения расположения поверхности?
5. Что такое суммарный допуск расположения и формы поверхности? Результатом совместного проявления чего является суммарное отклонение формы и расположения поверхности?
6. Каковы причины возникновения радиального, торцового биений? Что мы называем биением в заданном направлении?
7. Что такое полное радиальное и полное торцовое биения?
8. Что такое зависимый допуск расположения, его составляющие и полное значение? Дать определение независимого допуска расположения (или формы).
9. Каковы правила указания на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей? Как обозначается на чертежах зависимый допуск?
10. Роль, назначение и обозначение на чертежах неуказанных допусков формы и расположения поверхностей.

Список использованной и рекомендуемой литературы

- Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего машиностроителя. М., 1985.
- Болдин Л.А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. М., 1984.
- ГОСТ 24642 - 87 (СТ СЭВ 301-76). Допуски формы и расположения поверхностей. Введено 3.1. 1981.
- Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении: Справочник / Под ред. Палей М.А. М., 1989.



**О Т Ч Е Т**  
о лабораторной работе "Суммарные допуски  
формы и расположения поверхностей"

Выполнил студент \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_  
" " " 199 г.

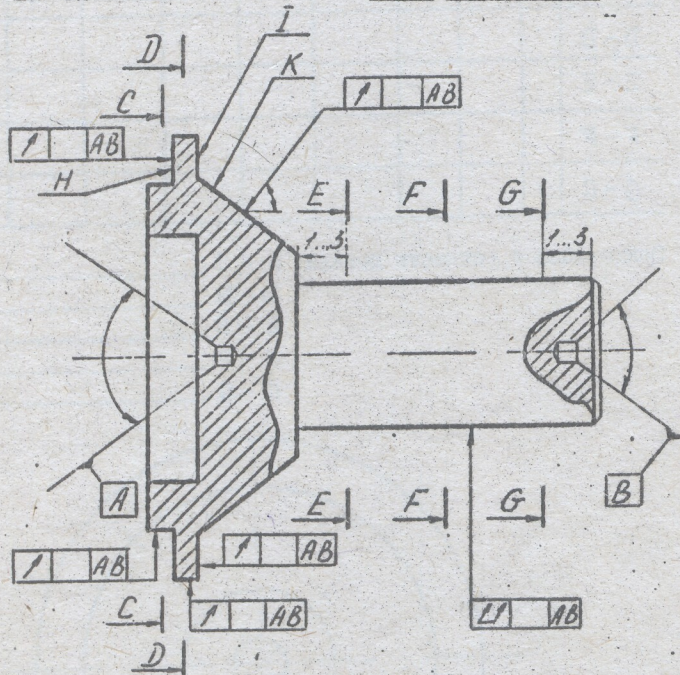


Рис. П.1

Таблица III

Поверхность	0	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Биение, мм
Н									
И									
К									

Заключение о годности детали: Н - \_\_\_\_\_



I - \_\_\_\_\_  
 К - \_\_\_\_\_

Таблица П2

Сечение	0	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Биение, мм
С-С									
D-D									
E-E									
F-F									
G-G									

Заключение о годности детали: С - С \_\_\_\_\_  
 D - D \_\_\_\_\_  
 E - E \_\_\_\_\_  
 F - F \_\_\_\_\_  
 G - G \_\_\_\_\_

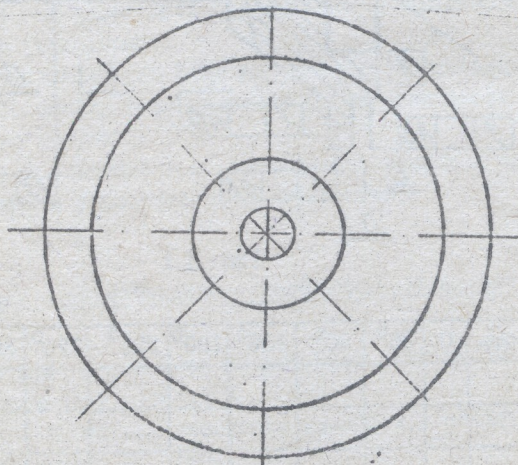


Рис. П.2



Заключение о годности детали \_\_\_\_\_

---

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_



Владимир Алексеевич Дядин,  
Марина Павловна Еремеева,  
Кирилл Борисович Трофимов

**СУММАРНЫЕ ДОПУСКИ ФОРМЫ  
И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Редактор К.С. Кожевникова

Подписано в печать 25.07.91

Формат 60x84 1/16. Бум.офс. № 2. Офс. печ.

Усл.печ.л. I . Уч.-изд.л. I, I. Т. 300 экз. Заказ 181. Бесплатно

Харьковский авиационный институт

310191, Харьков-191, ул. Чкалова, 17

Ротапринт типографии ХАИ

310191, Харьков-191, ул. Чкалова, 17