

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов направления подготовки*

*23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
очной формы обучения*



Могилёв 2019

УДК 621.43: 629.114  
ББК 31.365: 39.33-04  
Т 23

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «9» октября 2018 г., протокол № 3

Составители: канд. техн. наук, доц. Е. В. Кузнецов;  
канд. техн. наук, доц. А. В. Кулабухов

Рецензент канд. техн. наук А. Е. Науменко

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» очной формы обучения.

Учебно-методическое издание

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная вёрстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилёв.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

Введение .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Исследование точности деталей машин вероятностно-статистическим методом .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Исследование шероховатости поверхности детали после механической обработки .....	10
3 Лабораторная работа № 3. Исследование токарной операции.....	16
4 Лабораторная работа № 4. Исследование фрезерной операции.....	21
5 Лабораторная работа № 5. Исследование шлифовальной операции.....	25
6 Лабораторная работа № 6. Разработка технологического процесса сборки механизма .....	30
7 Лабораторная работа № 7. Исследование износа коленчатых валов и разработка технологических процессов их восстановления .....	32
8 Лабораторная работа № 8. Исследование износа гильз цилиндров ДВС и разработка техпроцесса их восстановления .....	36
9 Лабораторная работа № 9. Испытания масляного насоса ДВС.....	39
Список литературы .....	43



## Введение

Целью лабораторных работ по учебной дисциплине «Технология производства и ремонта строительных, дорожных и подъёмно-транспортных машин» является исследование основных операций механической обработки, контроля и ремонта деталей машин и получение практических навыков работы технологом на производстве.

Подготовка к каждой лабораторной работе заключается в самостоятельном изучении по заданной теме учебников, специальной литературы, конспектов лекций, методических рекомендаций и иных материалов, а также ознакомление с плакатами, экспонатами, инструментами и оборудованием в специализированных лабораториях № 05 и 07 корпуса 1.

Организация лабораторных работ предполагает тщательное изучение по каждой теме методических рекомендаций и самостоятельное проведение исследований в присутствии преподавателя-консультанта.

Работа на оборудовании связана с подвижными элементами и высоким напряжением. Поэтому следует строго придерживаться Правил техники безопасности и без инструктажа на рабочем месте не приступать к практической работе!

Отчёт по каждой работе оформляется на двойном тетрадном листе. Во время защиты отчёт предъявляется, а после неё сдаётся преподавателю.

В процессе защиты студент демонстрирует преподавателю знания, накопленные при выполнении лабораторной работы.



# 1 Лабораторная работа № 1. Исследование точности деталей машин вероятностно-статистическим методом

**Цель работы:** изучение методики статистической оценки точности при контроле качества изделий машиностроения.

## Задачи:

- 1) измерение партии деталей;
- 2) определение статистических показателей размеров с построением необходимых графиков;
- 3) вычисление запаса точности;
- 4) определение процента брака.

## Оборудование, инструменты, материалы.

- 1 Эскиз детали с допустимыми отклонениями размеров.
- 2 Партия обработанных деталей.
- 3 Микрометр с диапазоном 0...25 мм.
- 4 Штангенциркуль ШЦ-125.

## Основные положения

В условиях производства точность изготовления изделий часто оценивают на основании статистического анализа по ГОСТ 27.202–83, где определяют закон распределения размеров с проверкой соответствия опытного и теоретического распределений по ГОСТ 11.006–74. Вычисляют вероятный процент брака для будущих партий деталей. Корректируют технологические процессы по результатам указанных исследований.

После обработки партии деталей действительные размеры каждой являются случайными величинами. Это происходит в результате влияния большого количества факторов. К случайным погрешностям относят такие, которые вызваны колебаниями величин припусков, твёрдости материала заготовок, упругих деформаций системы «станок – приспособление – заготовка – инструмент» (СПЗИ) и др.

Закономерности изменения случайных погрешностей изучают с помощью «Теории вероятностей и математической статистики».

Разброс размеров деталей может описываться каким-либо законом, например, законом нормального распределения, отображаемым кривой Гаусса (рисунок 1.1, *а*), или законом Пуассона (рисунок 1.1, *б*), законом равной вероятности (рисунок 1.1, *в*), законом Симпсона (рисунок 1.1, *г*), законом Рэлея (рисунок 1.1, *д*) или иным. Любой закон распределения показывает зависимость плотности вероятности  $f(x)$  случайной величины от её значения  $x$ .

Распределение случайных величин любого закона характеризуется следующими основными параметрами:

- 1) средним арифметическим значением (математическим ожиданием) раз-



мера детали в данной партии:

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1.1)$$

где  $x_i$  – измеренный размер  $i$ -й детали;

$n$  – количество деталей в партии;

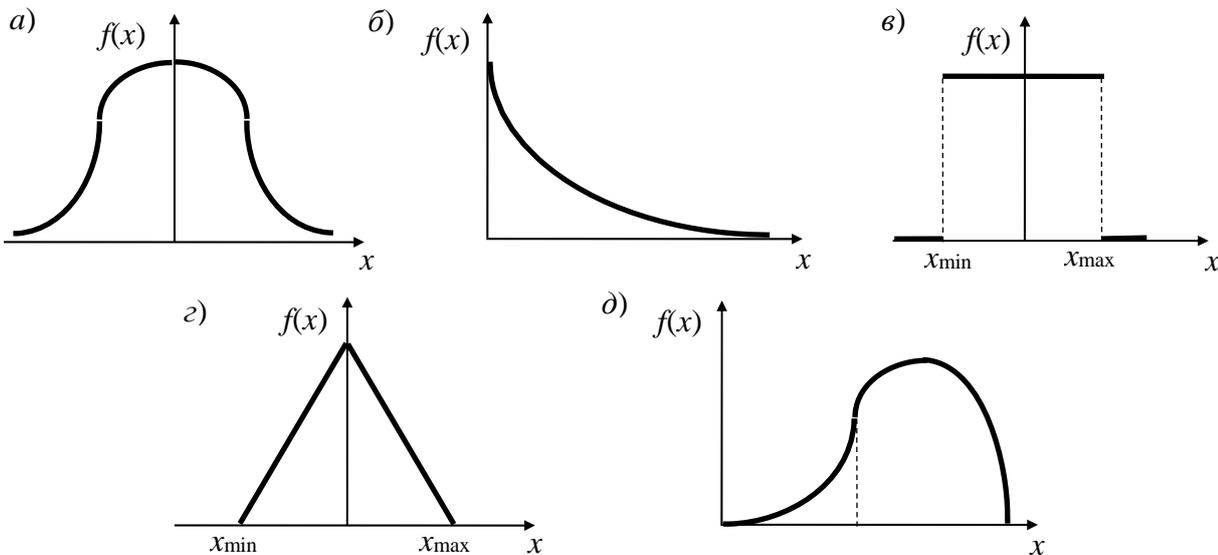
2) размахом распределения (полем рассеивания):

$$R_x = x_{\max} - x_{\min}, \quad (1.2)$$

где  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – максимальное и минимальное значения случайной величины;

3) средним квадратическим отклонением, характеризующим степень рассеивания (разброса) размеров от средней величины:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}. \quad (1.3)$$



$a$  – кривая Гаусса;  $б$  – закон Пуассона;  $в$  – закон равной вероятности;  $г$  – закон Симпсона;  $д$  – закон Рэлея

Рисунок 1.1 – Некоторые законы распределения случайных величин

Часто разброс размеров в партии деталей подчиняется закону нормального распределения. Одним из важнейших свойств этого распределения является то, что в пределах  $\pm 3\sigma_x$  площадь, ограниченная кривой Гаусса и осью абсцисс, составляет 99,7 % от всей. Таким образом, отклонение действительных размеров от среднего почти всех обработанных деталей, подчиняющихся нормаль-

ному закону распределения, находится в диапазоне от  $+3\sigma_x$  до  $-3\sigma_x$ . Поэтому если допуск  $T$  на обработку детали больше величины  $6\sigma$ , то поле рассеивания размеров (погрешность обработки) меньше допуска на обработку. Значит, все детали будущей партии по данному размеру будут годными при тех же условиях обработки. Следовательно, при нормальном законе распределения величина  $\pm 3\sigma_x$  определяет наибольшее рассеивание размеров, которое нужно практически учитывать. Чем меньше величина  $\sigma_x$ , тем меньше рассеивание размеров, следовательно, выше точность обработки.

Систематическая погрешность  $\Delta_n$  – это разность между серединой поля допуска  $T/2$  и средним измеренным  $x_{cp}$ . Она может быть вызвана, например, неточностью настройки станка и не влияет на форму кривой распределения, а лишь смещает её вдоль оси абсцисс на величину погрешности  $\Delta_n$ . Тогда для нормального закона распределения работа без брака характеризуется как

$$T \geq 6\sigma_x + |\Delta_n|. \quad (1.4)$$

Таблица 1.1 – Поля рассеивания для различных законов распределения

Закон	Величина поля рассеивания $\omega$
Нормального распределения	$\omega = 6\sigma_x$
Пуассона	$\omega = 2,5\sigma_x$
Равной вероятности	$\omega = 3,5\sigma_x$
Симпсона	$\omega = 5\sigma_x$
Рэля	$\omega = 5,3\sigma_x$

Важным показателем, характеризующим качество технологического процесса, является запас точности  $\psi$ , который определяется по формуле

$$\psi = \frac{T}{\omega + \Delta_n}. \quad (1.5)$$

Если запас точности  $\psi \geq 1$ , то обработка будущих партий заготовок может быть осуществлена без брака при аналогичной настройке станка. При  $\psi \geq 1,2$  процесс обработки с точки зрения точности можно считать чрезмерно надёжным. При  $\psi < 1$  брак весьма вероятен.

Для всех законов распределения условием обработки заготовок без брака является отношение  $\omega + |\Delta_n| < T$ , показывающее, что поле фактического рассеивания размеров меньше установленного допуска.

Если все детали исследуемой партии имели размеры в пределах поля допуска  $T$ , то для обработки будущих деталей при аналогичной настройке станка прогнозируемый процент брака принимается не более 0,3 %.

Если же поле рассеивания  $\omega$  с учётом систематической ошибки  $\Delta_n$  выходит за пределы допуска  $T$ , то необходимо определить количество годных деталей в данной партии и процент брака в ней. Для этого количество деталей, раз-

меры которых выходят за поле допуска, делится на общее число деталей в данной партии.

### Методика проведения работ

1 Изобразить нижеприведенный эскиз детали в отчёте (рисунок 1.2). Определить величины полей допусков  $T$  и их центры  $T/2$  для всех геометрических параметров детали. Результаты записать в отчёт.

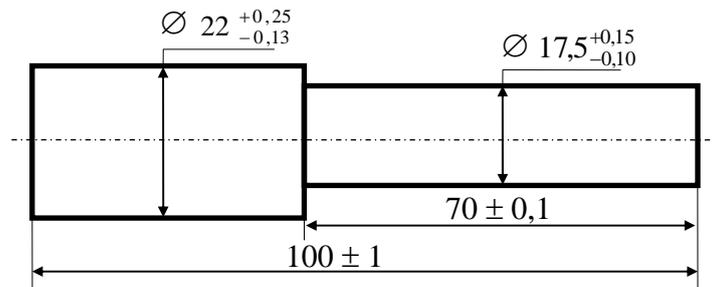


Рисунок 1.2 – Эскиз детали

2 Измерить микрометром диаметральные размеры всех деталей, а штангенциркулем – их линейные размеры, обращая внимание на номера деталей. Полученные результаты занести в таблицу отчёта (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Результаты измерений

Номер детали	$\varnothing 22^{+0,25}_{-0,13}$	$\varnothing 17,5^{+0,15}_{-0,10}$	$70 \pm 0,1$	$100 \pm 1$
1				
2				
...				
$n$				

3 Отсеять грубые промахи, т. е. явный брак статистической обработке не подвергать, но учесть при оценке процента брака.

4 Определить по формуле (1.1) математическое ожидание  $x_{cp}$  для указанного преподавателем размера детали, по формуле (1.2) – размах распределения данных размеров  $R_x$ , по формуле (1.3) – их среднее квадратическое отклонение  $\sigma_x$ . Все эти показатели занести в отчёт.

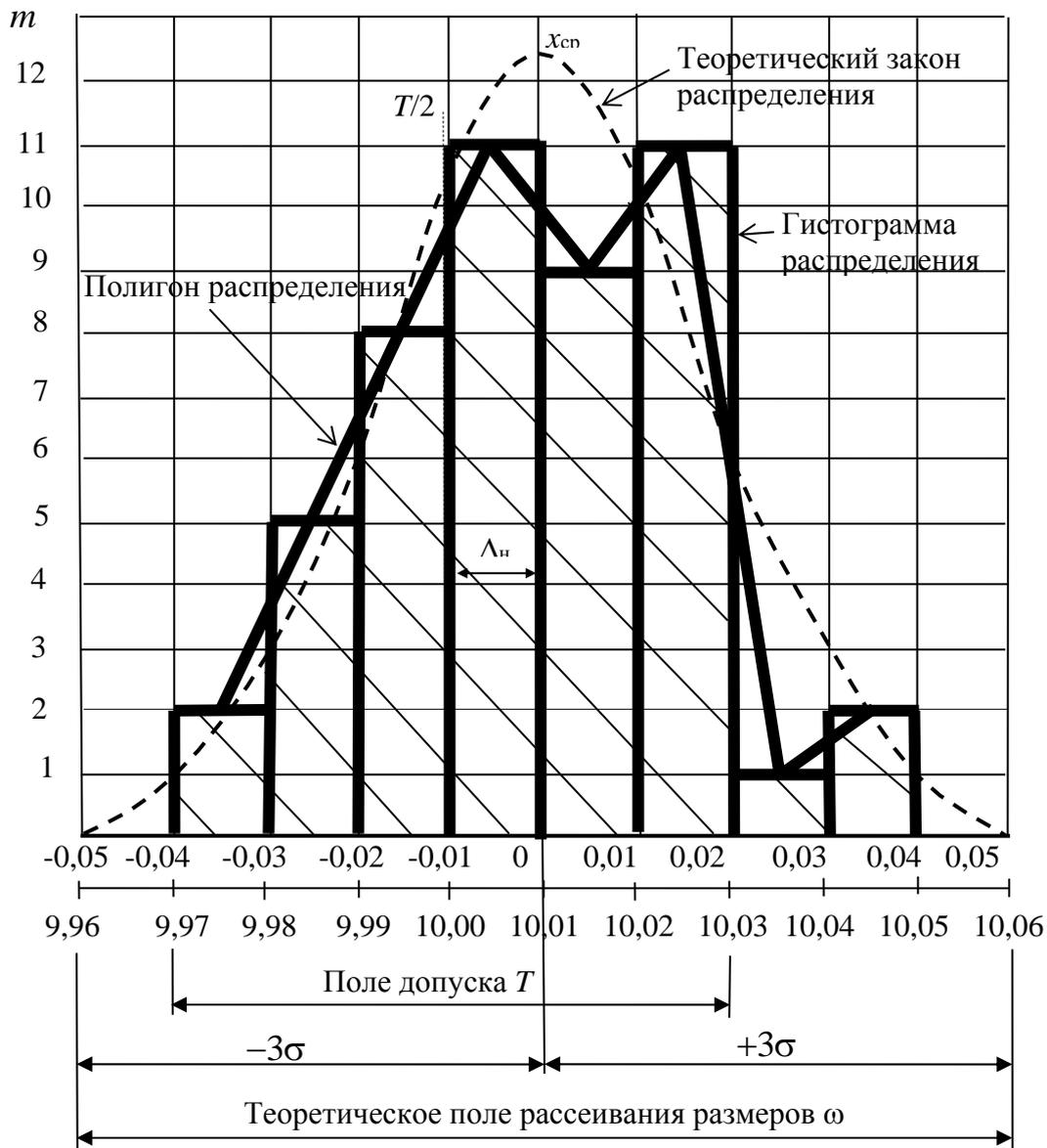
5 Для указанного параметра детали, исходя из полученного конкретного значения  $R_x$ , необходимо задаться количеством интервалов  $k_i$  (не менее 5 и не более 10) и определить размеры интервалов  $\delta$ . Для этого размах распределения  $R_x$  делится на принятое количество интервалов  $k_i$ . Занести границы интервалов в таблицу отчёта (таблица 1.3).

6 Определить частоты  $m$  попадания указанного размера в каждый интервал и их частоты  $m/n$ . Результаты занести в таблицу отчёта.

Таблица 1.3 – Интервалы размеров

Номер интервала	Граница интервала	Частота $m$	Частость $m/n$
1	$D_{\min} \dots D_{\min} + \delta$		
2	$D_{\min} + \delta \dots D_{\min} + 2\delta$		
...	...		
$k_i$	$D_{\max} - \delta \dots D_{\max}$		

7 Построить в отчёте гистограмму распределения размеров и кривую фактического распределения (полигон распределения). Нанести поле допуска  $T$ , его середину  $T/2$  и  $x_{cp}$ . Определить и обозначить систематическую ошибку  $\Delta_n$ . Нанести наиболее близкий теоретический закон распределения, совместив его середину с  $x_{cp}$  (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Пример оформления графиков для размера  $10,00 \pm 0,03$

Для построения гистограммы и полигона фактического распределения по оси абсцисс откладывают интервалы с обозначением их границ, а по оси ординат – частоты  $m$  или частоты  $m/n$ .

8 Оценить запас точности обработки  $\psi$  для будущей партии деталей по формуле (1.5).

9 Определить процент брака:

$$B = \frac{\bar{b}}{n} 100 \% ,$$

где  $\bar{b}$  – количество деталей, не попадающих в допуск хотя бы по одному размеру с учётом явного брака.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Цель статистической оценки точности партии деталей.
- 2 Определение среднего квадратического отклонения.
- 3 Оценка запаса точности.
- 4 Методика построения полигона распределения случайной величины.
- 5 Плановый процент брака.

## **2 Лабораторная работа № 2. Исследование шероховатости поверхности детали после механической обработки**

**Цель работы:** изучение показателей оценки микрорельефа поверхности детали после механической обработки.

### **Задачи:**

- 1) научиться строить среднюю линию микропрофиля;
- 2) изучить показатели для оценки шероховатости поверхности;
- 3) уяснить методику обработки профилограммы;
- 4) научиться пользоваться профилометром.

### **Оборудование, инструменты, материалы.**

- 1 Профилограмма с копировальной бумагой.
- 2 Линейка.
- 3 Калькулятор.
- 4 Профилометр.



## Основные положения

Шероховатость (чистота) поверхности детали существенно влияет на износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость и в конечном счёте определяет надёжность и долговечность детали в машине.

Согласно ГОСТ 2789–83 шероховатость поверхности – это совокупность неровностей с относительно малыми амплитудами и шагами, определённая на базовой длине с помощью специальных приборов – профилографа или профилометра (рисунок 2.1).

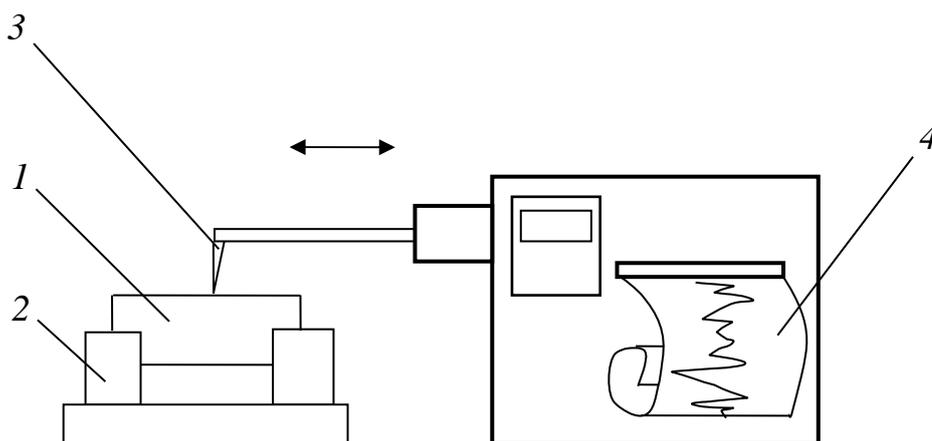


Рисунок 2.1 – Схема работы профилометра-профилографа по определению микропрофиля (чистоты поверхности) детали

При профилографировании (см. рисунок 2.1) деталь 1, шероховатость поверхности которой необходимо оценить, помещают в приспособление 2. После пуска прибора алмазная игла 3 сканирует поверхность детали в пределах заданной базовой длины  $l_0$ . Затем профилограф, увеличивая в заданном масштабе  $Q$ , выводит профилограмму на бумагу 4. В настоящее время используются профилометры, сопряжённые с компьютером. Это позволяет ускорить обработку профилограмм.

Характер шероховатости поверхности детали зависит от многих факторов: режима обработки, геометрии и материала инструмента, свойств обрабатываемого материала, жёсткости системы «станок – приспособление – заготовка – инструмент» (СПЗИ) и др.

В соответствии с действующим стандартом шероховатость (чистота) поверхности характеризуется двумя группами показателей:

1) высотными:

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля, мкм;

$R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам, мкм;

$R_{max}$  – наибольшая высота неровностей, мкм;

2) шаговыми:

$S_m$  – средний шаг неровностей, мм;

$S$  – средний шаг местных выступов профиля, мм;

$t_p$  – относительная опорная длина профиля, мм.

На рисунке 2.2 изображена профилограмма, полученная при помощи профилометра-профилографа, где показаны параметры, с помощью которых определяют показатели микропрофиля.

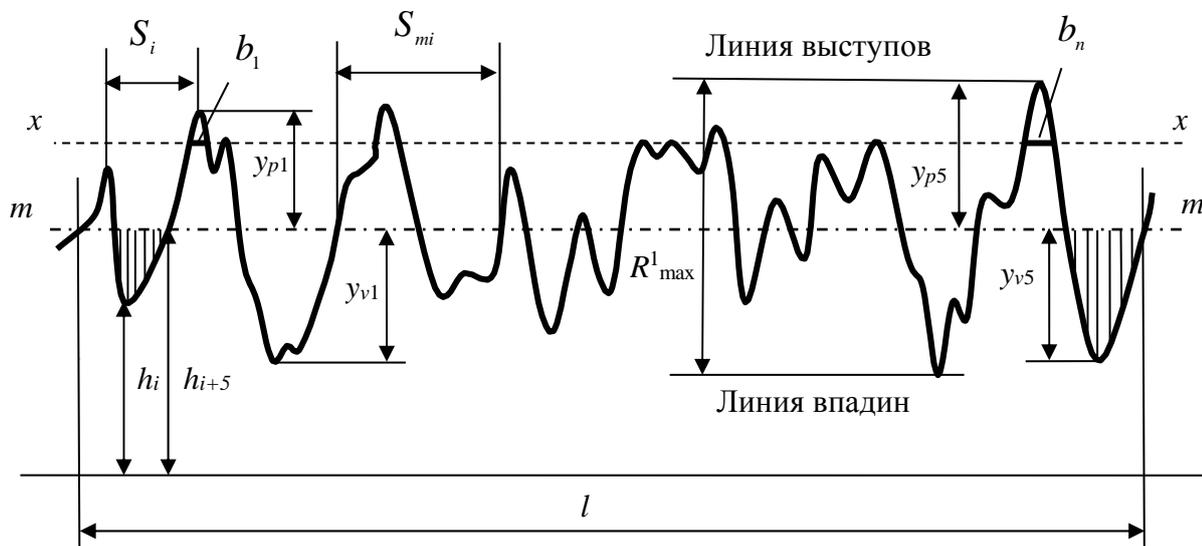


Рисунок 2.2 – Пример профилограммы

### Методика проведения работ

- 1 Скопировать в отчёт полученную от преподавателя профилограмму.
- 2 По краям скопированной профилограммы провести две вертикальные линии, расстояние между которыми является длиной  $l$ , т. е. увеличенной профилографом в  $Q$  раз реальной базовой длиной  $l_0$ .
- 3 Выбрать действительное значение  $l_0$  из стандартного ряда чисел: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8,0; 25,0 мм (задаётся преподавателем).
- 4 Определить масштаб профилограммы:

$$Q = \frac{l}{l_0}.$$

5 Построить среднюю линию профиля  $m-m$ , главным признаком правильности построения которой является равенство сумм площадей снизу и сверху от неё. Средняя линия изображает идеально ровную поверхность.

Для построения средней линии микропрофиля надо вне профиля на любом расстоянии провести вспомогательную горизонтальную прямую. Разделить её на равные отрезки (не менее 20). От конца каждого отрезка измерить расстояние  $h_i$  до профиля и просуммировать  $\Sigma h$ . Затем эту сумму разделить на количество измерений, т. е. получить среднее  $h_{cp}$ . От краёв вспомогательной прямой линии отложить  $h_{cp}$ . Через полученные точки провести среднюю линию микропрофиля  $m-m$ .

6 Оценить среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$ , мкм. Для этого среднюю линию разделить на  $n$  равных отрезков (не менее 20), от концов которых определить расстояния  $y_i$  до микропрофиля. При этом не учитывать знак, т. е.  $y_i$  брать по абсолютной величине. Результаты замеров занести в отчёт (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Данные для среднего арифметического отклонения профиля

$y_1$ , мм	$y_2$ , мм	$y_3$ , мм	$y_4$ , мм	$y_5$ , мм	$y_6$ , мм	$y_7$ , мм	$y_8$ , мм	$y_9$ , мм	$y_{10}$ , мм	$R_a$ , мкм
$y_{11}$ , мм	$y_{12}$ , мм	$y_{13}$ , мм	$y_{14}$ , мм	$y_{15}$ , мм	$y_{16}$ , мм	$y_{17}$ , мм	$y_{18}$ , мм	$y_{19}$ , мм	$y_{20}$ , мм	

Величина среднего арифметического отклонения профиля с учётом масштаба  $Q$  вычисляется по формуле

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n Q}.$$

Полученный результат перевести в микрометры и занести в отчёт, округлив до ближайшего большего стандартного значения: 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16; 12,5; 10,0; 8,0; 6,3; 5,0; 4,0; 3,2; 2,5; 2,0; 1,6; 1,25; 1,00; 0,80; 0,63; 0,5; 0,4; 0,25; 0,2; 0,16; 0,125; 0,100; 0,080; 0,063; 0,050; ... мкм.

7 Оценить высоту микропрофиля по десяти точкам  $R_z$ . Для этого в пределах базовой длины  $l$  определить величины пяти наибольших выступов  $y_{pi}$  и пяти наибольших впадин  $y_{vi}$  от средней линии  $m-m$ . Результаты замеров занести в отчёт (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Параметры неровностей профиля по десяти точкам

$y_{p1}$ , мм	$y_{p2}$ , мм	$y_{p3}$ , мм	$y_{p4}$ , мм	$y_{p5}$ , мм	$R_z$ , мкм
$y_{v1}$ , мм	$y_{v2}$ , мм	$y_{v3}$ , мм	$y_{v4}$ , мм	$y_{v5}$ , мм	

Тогда с учётом масштаба  $Q$  профилографа

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{10 Q}.$$

Полученный результат перевести в микрометры и занести в отчёт, округлив до ближайшего большего стандартного значения: ... 100; 80; 63; 50; 40; 32;

25; 20; 16; 12,5; 10,0; 8,0; 6,3; 5,0; 4,0; 3,2; 2,5; 2,0; 1,6; 1,25; 1,0; 0,8; 0,63; 0,5; 0,32; 0,25; 0,2; 0,16; ... мкм.

8 Оценить наибольшую высоту неровностей профиля  $R_{\max}$  в пределах базовой длины  $l_0$ . Для этого через высшую точку профиля провести линию выступов, параллельную средней линии  $m-m$ . Через низшую точку профиля провести линию впадин, параллельную средней линии. Замерить расстояние  $R_{\max}^1$  между линиями выступов и впадин. Результат измерений занести в отчёт (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Наибольшая высота неровностей профиля

$R_{\max}^1$ , мм	$R_{\max}$ , мкм

С учётом масштаба  $Q$  оценить наибольшую высоту неровностей:

$$R_{\max} = \frac{R_{\max}^1}{Q}.$$

Полученный результат перевести в микрометры и округлить до ближайшего стандартного большего значения: ... 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16; 12,5; 10,0; 8,0; 6,3; 5,0; 4,0; 3,2; 2,5; 2,0; 1,6; 1,25; 1,0; 0,8; 0,63; 0,5; 0,32; 0,25; 0,2; 0,16; ... мкм.

Результат занести в отчёт.

9 Средний шаг неровностей  $S_m$  определить путём замера величин шагов неровностей профиля  $S_{mi}$  по средней линии  $m-m$ .

Шаг неровности профиля – это длина отрезка средней линии, пересекающей профиль в трёх соседних точках (один полный период), где первая и третья являются началом и концом отрезка. Каждый последующий шаг получают путём смещения на одну точку. Результаты замеров шагов в пределах базовой длины занести в отчёт (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Параметры среднего шага неровностей профиля

$S_{m1}$ , мм	$S_{m2}$ , мм	$S_{m3}$ , мм	$S_{m4}$ , мм	$S_{m5}$ , мм	$S_m$ , мм
$S_{m6}$ , мм	$S_{m7}$ , мм	$S_{m8}$ , мм	$S_{m9}$ , мм	$S_{m10}$ , мм	$S_m$ , мм

Величина среднего шага неровностей с учётом масштаба  $Q$  профилограммы определяется по формуле

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_{mi}}{n Q},$$

где  $n$  – число шагов неровностей профиля в пределах базовой длины  $l$ .

Результат занести в отчёт.

10 Оценить относительную опорную длину профиля  $t_p$  при заданном уровне сечения  $p$  % в пределах базовой длины  $l$ . Для этого на заданном преподавателем уровне  $p$ , выраженном в процентах от  $R_{\max}$ , отсчитываемом от линии выступов, проводят горизонтальную линию  $x-x$ . Тогда расстояние от линии выступов до линии  $x-x$

$$P = R_{\max}^1 \frac{p\%}{100}.$$

Определить длину горизонтальных отрезков  $b_i$ , полученных при пересечении линией  $x-x$  микропрофиля. Результаты замеров величин  $b_i$  занести в отчёт (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Параметры относительной опорной длины профиля

$b_1, \text{ мм}$	$b_2, \text{ мм}$	$b_3, \text{ мм}$	$b_4, \text{ мм}$	$b_5, \text{ мм}$	$t_p, \text{ мм}$
$b_6, \text{ мм}$	$b_7, \text{ мм}$	$b_8, \text{ мм}$	$b_9, \text{ мм}$	$b_{10}, \text{ мм}$	

Относительная опорная длина профиля  $t_p$  с учётом масштаба  $Q$

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i 100 \%}{l Q},$$

где  $n$  – число отрезков  $b_i$ .

Результат занести в отчёт.

11 Средний шаг местных выступов профиля  $S$  измеряется по вершинам выступов, т. е. это длина отрезка средней линии  $m-m$  между проекциями на неё двух наивысших точек соседних местных выступов профиля. Результаты замеров шага местных выступов  $S_i$  в пределах базовой длины  $l$  занести в таблицу отчёта (таблица 2.6).

С учётом масштаба  $Q$  данный показатель определяется по формуле



$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n Q},$$

где  $n$  – количество измерений.

Результат занести в отчёт.

Таблица 2.6 – Параметры среднего шага местных выступов профиля

$S_1$ , мм	$S_2$ , мм	$S_3$ , мм	$S_4$ , мм	$S_5$ , мм	$S$ , мм
$S_6$ , мм	$S_7$ , мм	$S_8$ , мм	$S_9$ , мм	$S_{10}$ , мм	

12 С помощью профилометра провести замер шероховатости поверхности детали.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Высотные показатели для оценки шероховатости поверхности.
- 2 Шаговые показатели оценки чистоты поверхности.
- 3 Методика построения средней линии микропрофиля.
- 4 Приборы для определения шероховатости поверхности.
- 5 Существует ли корреляция между показателями для оценки чистоты поверхности?

## **3 Лабораторная работа № 3. Исследование токарной операции**

**Цель работы:** исследование токарной обработки деталей.

### **Задачи:**

- 1) изучить структуру универсального токарного станка, зажимные приспособления и инструменты;
- 2) научиться определять параметры режима резания токарной операции;
- 3) получить практические навыки работы на универсальном токарном станке.

### **Оснащение рабочего места.**

- 1 Токарный станок 1К62М или 1Б61А с приспособлениями.
- 2 Набор резцов.
- 3 Заготовка.



## Общие положения

В машиностроении более 50 % деталей являются телами вращения.

На токарных станках, как правило, обрабатывают валы, которые делят на два типа – длинные и короткие. К первым относят такие, у которых длина превышает минимальный диаметр в 5 раз. У длинных валов основной установочной базой являются центровые отверстия, высверливаемые в торцах; у коротких – поверхности опорных или иных шеек.

На токарных станках, а также на расточных, токарно-винторезных, токарно-револьверных, токарных многолезцовых, токарно-карусельных, одно- и многошпиндельных полуавтоматах и автоматах можно выполнять обтачивание наружных цилиндрических и фасонных поверхностей, растачивание внутренних цилиндрических или иных поверхностей, подрезание торцовых поверхностей, протачивание канавок и отрезание, снятие фасок, нарезку наружной и внутренней резьб, сверление, в том числе и центрование, развёртывание, зенкерование отверстий вдоль оси вала, накатку, раскатку и другие виды обработки. При этом различают точение черновое, чистовое и тонкое.

В качестве зажимного приспособления на станках токарной группы чаще используют трёхкулачковые патроны, иногда двух- и четырёхкулачковые. Особо длинные валы ( $l/d > 12$ ) обрабатывают с помощью подвижных и неподвижных люнетов, т. е. специальных дополнительных опор.

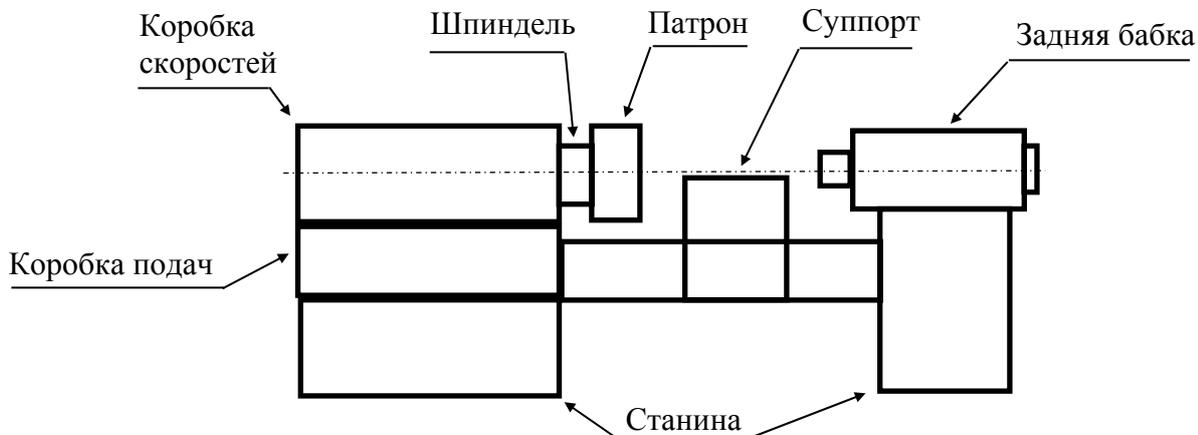


Рисунок 3.1 – Схема универсального токарного станка

Общая структура универсального токарного станка отражена на рисунке 3.1.

Перед началом любой операции механической обработки заготовки необходимо определить режим резания, т. е. совокупность параметров оборудования, которые задают для успешного выполнения данной технологической операции. Элементы режима резания назначаются такими, чтобы достигалась наибольшая производительность труда при минимальной себестоимости и требуемом качестве. Основными элементами режима резания являются: глубина резания  $t$ , мм; частота вращения шпинделя станка  $n$ , об/мин; подача инструмента  $s$ , мм/об.

Режим резания устанавливаются исходя из особенностей заготовки и прежде всего её твёрдости с учётом характеристик инструмента и станка.

Опираясь на накопленный опыт в машиностроении, выбор элементов режима резания осуществляется в следующем порядке:

1) исходя из требуемой точности обрабатываемой поверхности детали, назначается маршрут обработки, т. е. последовательность операций, например, для достижения 2 класса точности (7-го качества) шейки вала необходимо выполнить три операции – во-первых, черновое точение, во-вторых, предварительное шлифование, в-третьих, тонкое шлифование;

2) назначаются припуски для каждого перехода  $Z_i$ , тем самым задаются глубины резания  $t$  и число проходов инструмента  $i$  (таблица 3.1);

3) в зависимости от требуемой конфигурации детали, материала и вида заготовки, характера обработки и жёсткости системы «станок – приспособление – заготовка – инструмент» (СПЗИ) выбирается режущий инструмент – тип, размер, материал, геометрия (рисунок 3.2);

4) в зависимости от соотношения твёрдости заготовки и инструмента оценивается период его стойкости  $T$  (таблица 3.2);

5) в зависимости от вида операции (черновая или чистовая) назначается подача  $s$  (таблица 3.3);

б) определяется скорость резания  $v$ , м/мин, по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}, \quad (3.1)$$

где  $C_v$  – коэффициент скорости резания (таблица 3.4);

$m, x, y$  – показатели степеней (см. таблицу 3.4);

7) частота вращения шпинделя станка  $n$ , об/мин, оценивается по зависимости

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (3.2)$$

где  $d$  – диаметр поверхности после обработки, мм;

8) исходя из схемы резания (рисунок 3.3), производится вычисление проекций силы резания:

$$\left. \begin{aligned} F_z &= 9,8C_{F_z} t^{x_z} s^{y_z} v^{n_z}; \\ F_y &= 9,8C_{F_y} t^{x_y} s^{y_y} v^{n_y}; \\ F_x &= 9,8C_{F_x} t^{x_x} s^{y_x} v^{n_x}, \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

где  $F_z, F_y, F_x$  – проекции силы резания соответственно на ось  $Z$  – окружная составляющая,  $Y$  – нормальная,  $X$  – осевая;

$C_{F_z}, C_{F_y}, C_{F_x}$  – коэффициенты силы резания (таблица 3.5);



$x_i, y_i, n_i$  – показатели степеней (см. таблицу 3.5);

9) оценивается крутящий момент при резании  $M_k$ , Н·м, по формуле

$$M_k = F_z d / 2000; \quad (3.4)$$

10) определяется мощность резания  $N$ , кВт, следующим образом:

$$N = \frac{\pi n M_k}{30000}; \quad (3.5)$$

11) вычисляется основное  $T_o$  и штучно-калькуляционное  $T_{шк}$  время (в минутах). Так, основное (машинное) время на обработку поверхности с учётом длины врезания и перебега инструмента определяют по следующей зависимости:

$$T_o = \frac{l i}{n s}, \quad (3.6)$$

где  $l$  – длина обработки в направлении подачи инструмента с учётом врезания (5...10 мм) и перебега (5...10 мм), если он есть;

$i$  – количество проходов инструмента.

Штучно-калькуляционное время для каждой операции вычисляется как

$$T_{шк} = T_o + T_v + T_{об} + T_\phi, \quad (3.7)$$

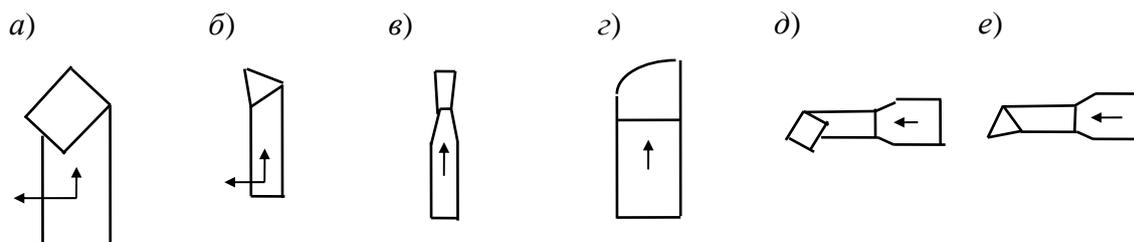
где  $T_v$  – вспомогательное время, связанное с установкой заготовки и её закреплением, управлением станком, текущими измерениями детали, которое ориентировочно принимается от 1 до 20 % от  $T_o$  (в зависимости от массы заготовки и типа зажимного приспособления);

$T_{об}$  – время обслуживания станка, то есть на его уборку, смазку и приведение в рабочее состояние, которое составляет 1...6 % от  $T_o$ ;

$T_\phi$  – время на физические надобности рабочего (от 4 до 8 % от суммы  $T_o$  и  $T_v$ , т. е. оперативного времени  $T_{оп} = T_o + T_v$ ).

Таблица 3.1 – Припуски и экономические допуски под мехобработку валов

Вид токарной обработки	Припуск $Z_i$ , мм	Допуск (точность)
1 Черновая	1...3	H14; h13
2 Чистовая	0,1...0,5	H8; h7



*a* – проходной; *б* – подрезной; *в* – отрезной; *г* – фасонный; *д* – проходной расточной; *е* – подрезной расточной

Рисунок 3.2 – Основные виды резцов и направления подач

Таблица 3.2 – Период стойкости инструмента  $T$

В минутах

Материал лезвия инструмента	Материал заготовки		
	сталь	чугун	цветной металл
Быстрорежущая сталь P18	10	50	100
Твёрдосплавная пластина T15K6	120	300	400
Твёрдосплавная пластина BK8	200	400	600

Таблица 3.3 – Рекомендуемые подачи инструмента

Вид обработки	Подача $s$ , мм/об
Черновое точение	0,3...2,0
Чистовое точение	0,02...0,25
Черновое растачивание	0,15...1,0
Чистовое растачивание	0,01...0,15

Таблица 3.4 – Параметры для оценки скорости резания

Вид обработки (инструмент из T15K6)	Параметры			
	$C_v$	$m$	$x$	$y$
Токарная	140...220	0,2...0,3	0,15...0,23	0,2...0,4

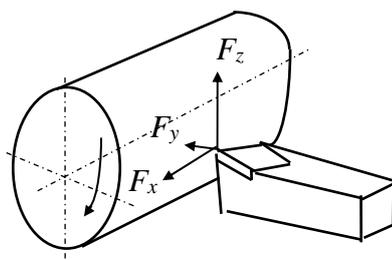


Рисунок 3.3 – Схема сил резания

Таблица 3.5 – Параметры силы резания

Вид обработки	Параметры											
	$C_{Fz}$	$x_z$	$y_z$	$n_z$	$C_{Fy}$	$x_y$	$y_y$	$n_y$	$C_{Fx}$	$x_x$	$y_x$	$n_x$
Токарная	500	1,0	0,75	-0,15	340	0,9	0,6	-0,3	245	1,1	0,5	-0,4

### ***Методика проведения работ***

- 1 Получив от преподавателя заготовку и задание по её обработке, определить параметры режима резания.
- 2 Изучить структуру токарного станка и приёмы безопасной работы на нём.
- 3 Произвести обработку заготовки на токарном станке и необходимые измерения.
- 4 Оформить отчёт по лабораторной работе, где должны быть отражены эскиз заготовки, эскиз операции, вычисление параметров режима резания.

### **Меры безопасности.**

Запрещается работать без преподавателя, защитных очков и в перчатках, а для лиц с длинными волосами – без кепки (косынки) и с незаправленным за воротник хвостом.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Структура универсального токарного станка.
- 2 Что такое припуск под механическую обработку?
- 3 Эскиз токарной операции.
- 4 Методика определения параметров режима резания.
- 5 Методика определения штучно-калькуляционного времени.
- 6 Инструменты токарной операции.
- 7 Зажимные приспособления при токарной обработке деталей.
- 8 Что такое люнет?
- 9 Какие бывают люнеты?

## **4 Лабораторная работа № 4. Исследование фрезерной операции**

**Цель работы:** изучение обработки деталей фрезерованием.

### **Задачи:**

- 1) изучить структуру фрезерного станка, его приспособления и инструменты;
- 2) научиться определять параметры режима резания фрезерной операции;
- 3) получить практические навыки работы на фрезерном станке.



### Оснащение рабочего места.

- 1 Фрезерный станок БР11.
- 2 Инструмент – торцовая фреза диаметром 120 мм с восемью квадратными режущими пластинками из твердого сплава Т15К6.
- 3 Приспособление – тиски машинные.
- 4 Заготовка.

### Общие положения

Фрезерование – это механическая обработка материалов многолезвийным вращающимся инструментом – фрезой, где заготовка совершает поступательное движение.

Применяют фрезы торцовые, дисковые, пальцевые, цилиндрические, фасонные.

У любой фрезы по окружности расположены зубья, представляющие собой резцы (рисунок 4.1).

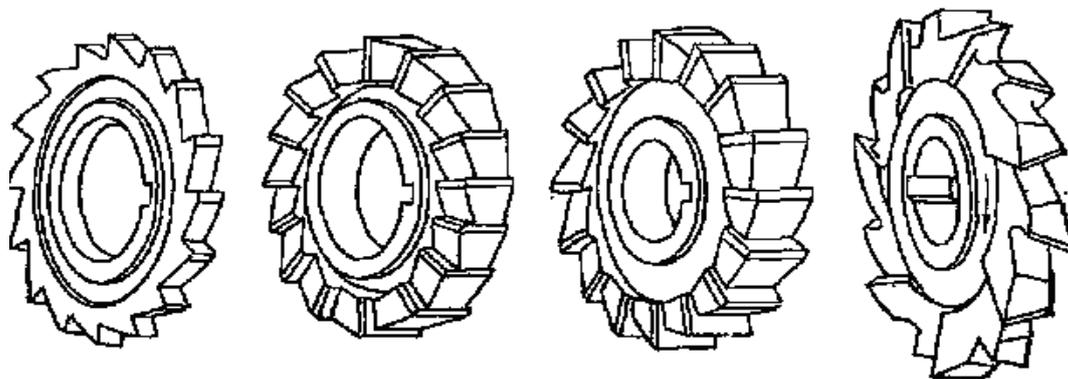


Рисунок 4.1 – Дисковые фрезы

Многообразие операций, выполняемых на фрезерных станках, обусловило разнообразие типов, форм и размеров фрез.

Торцовые фрезы широко применяются при обработке плоскостей на вертикально-фрезерных станках. При этом ось фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности. В отличие от цилиндрических фрез, где все точки режущих кромок являются профилирующими и формируют обрабатываемую поверхность, у торцовых фрез только вершины режущих кромок зубьев профилирующие. Остальные кромки торцовой фрезы вспомогательные. Главную работу резания выполняют боковые режущие кромки, расположенные на наружной поверхности.

Торцовые фрезы обеспечивают плавную работу даже при большой величине припуска, так как угол контакта с заготовкой у торцовых фрез не зависит от величины припуска и определяется шириной фрезерования и диаметром фрезы. Торцовая фреза может быть более массивной и жёсткой, по сравнению с цилиндрическими фрезами, что даёт возможность удобно размещать и надёжно закреплять режущие элементы и делать их из твёрдого сплава.

Торцовое фрезерование обеспечивает, как правило, большую производительность, чем цилиндрическое. Поэтому в настоящее время большинство работ по фрезерованию плоскостей выполняется торцовыми фрезами.

Фрезерный станок 6Р11 предназначен для обработки плоских поверхностей заготовок, как правило, торцовой фрезой в условиях единичного и мелкосерийного производств.

Основными узлами фрезерного станка 6Р11 являются: станина; «хобот» для установки корпуса шпинделя и его привода; электродвигатель привода шпинделя; консоль, на которой установлен стол с механизмами продольного, поперечного и вертикального перемещения; электродвигатель привода подачи; стол с зажимным приспособлением (тисками); шпиндель с приводом от коробки скоростей; коробка скоростей; коробка подачи.

Процесс фрезерования характеризуется быстрым вращением инструмента вокруг оси и относительно малой подачей, которая может быть поступательной либо иной. При прямолинейной подаче фрезы или заготовки производится обработка плоских поверхностей, шпоночных пазов, канавок шлиц и др.

Параметры режима резания определяют в следующей последовательности. Сначала оценивается скорость фрезерования. Для торцовой фрезы с пластинками из сплава Т15К6 окружная скорость, м/мин, определяется по выражению

$$v = \frac{380 D^{0,2}}{T^{0,2} t^{0,1} s_z^{0,4} B^{0,2}}, \quad (4.1)$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;

$T$  – стойкость инструмента (при обработке стали принимается 120 мин, чугуна – 200 мин, алюминиевого сплава – 400 мин);

$t$  – глубина резания, мм;

$s_z$  – подача на один зуб фрезы (при черновом фрезеровании принимается 0,15 мм/зуб, при чистовом – 0,03 мм/зуб);

$B$  – ширина фрезеруемой поверхности, мм.

Зная  $v$ , оценивается частота вращения шпинделя станка  $n$ , об/мин, по формуле

$$n = \frac{1000 v}{\pi D}. \quad (4.2)$$

По паспортным данным станка подбирается ближайшее меньшее значение частоты вращения шпинделя.

Окружная подача  $s_o$ , мм/об, т. е. подача за один оборот фрезы, определяется по выражению

$$s_o = s_z z, \quad (4.3)$$

где  $z$  – количество зубьев фрезы.

Затем оценивается минутная подача  $s_m$ , мм/мин, как



$$s_M = s_o n. \quad (4.4)$$

По паспортным данным станка полученное значение минутной подачи округляется до ближайшего меньшего значения.

Мощность  $N$ , кВт, необходимая для фрезерования торцевой фрезой с пластинками из сплава Т15К6, вычисляется по зависимости

$$N = 0,0004D^{0,3}ts_z^{0,75}B^{1,1}zn^{0,6}. \quad (4.5)$$

Если полученная  $N$  превышает мощность электродвигателя главного привода станка, то следует изменить параметры режима резания – уменьшить глубину резания, подачу или частоту вращения.

Затем производится нормирование труда. Для этого оцениваются все параметры штучно-калькуляционного времени  $T_{шк}$ :

$$T_{шк} = T_o + T_e + T_{об} + T_{\phi}, \quad (4.6)$$

где  $T_o$  – основное (машинное) время, мин, т. е. время обработки поверхности;

$T_e$  – вспомогательное время, связанное с установкой заготовки и её закреплением, управлением станком, текущими измерениями детали, которое ориентировочно принимается от 1 до 20 % от  $T_o$  (в зависимости от массы заготовки и типа зажимного приспособления);

$T_{об}$  – время обслуживания станка, т. е. на его уборку, смазку и приведение в рабочее состояние, которое составляет 1...6 % от  $T_o$ ;

$T_{\phi}$  – время на физические надобности рабочего (от 4 до 8 % от суммы  $T_o$  и  $T_e$ , т. е. оперативного времени  $T_{он} = T_o + T_e$ ).

Основное время  $T_o$ , мин, определяется по формуле

$$T_o = \frac{l + l_{вп} + l_n}{s_z} i, \quad (4.7)$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вп}$  – длина пути врезания, мм, т. е. пути инструмента с рабочей подачей до обрабатываемой поверхности (принимается 5...10 мм);

$l_n$  – длина пути перебега, мм (принимается 5...10 мм);

$i$  – количество проходов инструмента.

### ***Методика проведения работ***

1 Уяснить структуру фрезерного станка 6Р11 и приёмы безопасной работы на нём.

2 Получив от преподавателя заготовку и задание на обработку поверхности, определить параметры режима фрезерования.

3 Оформить отчёт, где должны быть отражены эскиз заготовки со всеми



размерами, вычисления параметров режима резания, операционный эскиз.

4 Произвести обработку заготовки на фрезерном станке, необходимые измерения и дать заключение о качестве обработки.

5 После выключения станка и полной остановки фрезы произвести его уборку.

### **Меры безопасности.**

1 Перед включением станка опустить защитный щиток.

2 Наблюдать за процессом фрезерования через защитный щиток.

### **Контрольные вопросы**

1 Структура универсального фрезерного станка.

2 Что такое припуск под механическую обработку?

3 Методика определения параметров режима резания.

4 Методика определения штучно-калькуляционного времени.

5 Инструменты и зажимные приспособления фрезерной операции.

## **5 Лабораторная работа № 5. Исследование шлифовальной операции**

**Цель работы:** изучение обработки деталей машин круглым шлифованием.

### **Задачи:**

1) изучить структуру универсального круглошлифовального станка, его приспособлений и инструментов;

2) научиться определять параметры режима шлифования;

3) получить практические навыки работы на универсальном круглошлифовальном станке.

### **Оснащение рабочего места.**

1 Круглошлифовальный станок 3А130 со шлифовальным кругом, хомутом и поводком.

2 Заготовка вала.

3 Микрометр с диапазоном измерений 25...50 мм.

### **Общие положения**

При обработке стальных заготовок в качестве финишной операции, как правило, после термической обработки (закалки и отпуска), наиболее часто применяют шлифование. Для цилиндрических деталей используют круглошлифовальные и бесцентровошлифовальные станки.

Шлифование – это основной метод чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей стальных и чугуновых деталей абразивными инстру-



ментами – шлифовальными кругами. При этом и круг, и заготовка совершают вращательное движение (встречное или попутное).

Современные прогрессивные способы получения заготовок дают возможность изготавливать детали машин без обработки лезвийным инструментом, т. е. получать требуемые размеры и форму только шлифованием. В этом случае припуски минимальны.

Для обработки наружных цилиндрических поверхностей в зависимости от режима резания и характеристик шлифовальных кругов применяют следующие виды шлифования:

- обдирочное, т. е. грубое, например, послековки или литья;
- точное, которое делят на:
  - а) предварительное;
  - б) чистовое (тонкое).

Точное шлифование позволяет получать поверхности от 9-го класса чистоты ( $R_a 0,16$ ) до 12-го ( $R_a 0,04$ ) с точностью до 4-го квалитета.

При тонком шлифовании имеют место следующие параметры режима резания:

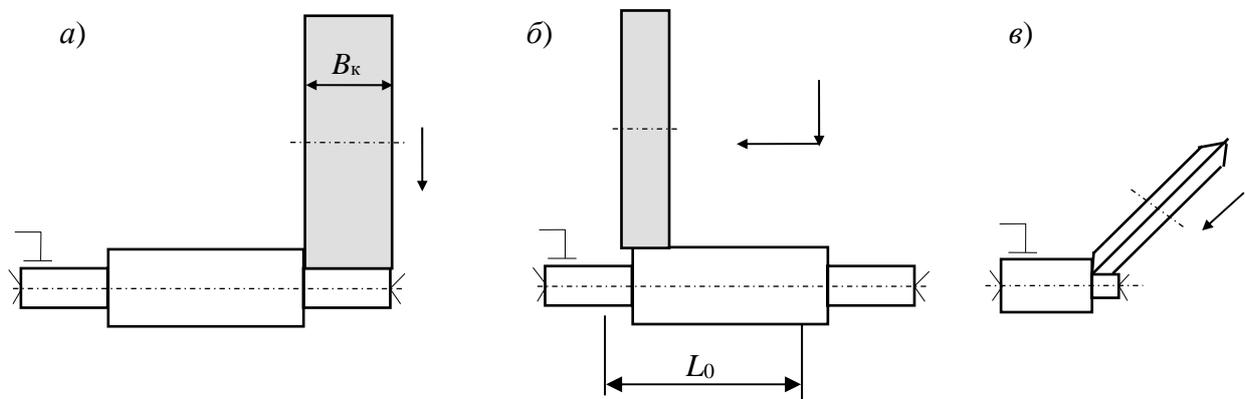
- 1) окружная скорость шлифовального круга  $v_k = 20 \dots 40$  м/с;
- 2) окружная скорость заготовки  $v_z = 20 \dots 40$  м/мин;
- 3) глубина резания  $a = 10 \dots 20$  мкм;
- 4) поперечная подача  $s_{поп} = 0,001 \dots 0,005$  мм/об заготовки;
- 5) продольная подача  $s_{пр} = 0,2 \dots 2,0$  м/мин.

При шлифовании всегда применяют смазывающую и охлаждающую жидкость (СОЖ) во избежание «прижогов», т. е. самоотпуска, а значит, значительного снижения твердости поверхности детали.

Базируют вал на круглошлифовальном станке в неподвижных центрах, что позволяет получить вышеуказанную точность.

Различают две схемы шлифования (рисунок 5.1):

- 1) только с поперечной подачей (это метод обработки врезанием);
- 2) сначала поперечная подача, т. е. врезание, затем продольная.



а – врезанием; б – поперечной и продольной подачами; в – угловым кругом врезанием

Рисунок 5.1 – Операционные эскизы шлифовальной обработки валов

Последний метод применяется, когда длина шейки вала  $L_o$  больше ширины шлифовального круга  $B_k$ .

Основное время при использовании первой схемы, т. е. только с поперечной подачей, определяется по зависимости

$$T_o = \frac{a}{n_3 s_{non}} k, \quad (5.1)$$

где  $a$  – глубина резания, мм;

$n_3$  – частота вращения заготовки, об/мин;

$k$  – коэффициент точности, который выбирается из таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Коэффициенты точности шлифования

Требуемая точность шлифования	Коэффициент точности $k$
0,1...0,15	1,1
0,07...0,09	1,25
0,04...0,06	1,4
0,02...0,03	1,7
Менее 0,02	2

Если используется вторая схема шлифования, т. е. и с поперечной подачей, и с продольной, то основное время  $T_o$ , мин, вычисляется по выражению

$$T_o = \left( \frac{a}{n_3 s_{non}} + \frac{1000L}{s_{np}} \right) k, \quad (5.2)$$

где  $L$  – продольный ход стола,  $L = L_o - (0,2...0,4)B_k$ , мм;

$s_{np}$  – продольная подача, м/мин.

На станине круглошлифовального станка установлена шлифовальная бабка с приводами шлифовальных кругов и механизмом поперечной подачи, а также стол с передней и задней бабками и механизмом продольной подачи. Вращая маховик привода поперечной подачи по часовой стрелке, осуществляется приближение шлифовальной бабки, т. е. шлифовального круга, к заготовке. Цена деления на лимбе этого маховика составляет 5 мкм (0,005 мм).

Шлифовальный круг состоит из абразивных зёрен и связующего материала. Конфигурация кругов может быть самой различной, но чаще всего используются дисковые прямоугольные круги (обозначаются ПП или 1).

В маркировке шлифовального круга указываются: тип, т. е. геометрия (диск, чашка и т. п. по ГОСТ 2424–75); размеры (для дисковых кругов это наружный диаметр, ширина, внутренний диаметр); материал абразивных зёрен и их размер; твёрдость; структура; связующий зёрна материал; максимальная скорость в метрах в секунду; класс точности; класс неуравновешенности.

В качестве материала зёрен применяют: нормальный электрокорунд (обозначается 13А); белый электрокорунд – 23А и 24А; хромистый электрокорунд –



33А; титанистый электрокорунд – 37А; циркониевый электрокорунд – 38А; сфорокорунд – ЭС; техническое стекло – 71Г; корунд – 92Е; кремьень – 81Кр; наждак; гранит; монокорунд – 43А, 44А, 45А; чёрный карбид кремния – 53С, 54С, 55С; зелёный карбид кремния – 63С, 64С; карбид бора; кубический карбид бора (эльбор) – ЛО, ЛП, ЛВМ, ЛПМ; природный алмаз – А1, А2, А3, А5, А8, АМ, АМ5, АН; синтетический алмаз – АС2, АС4, АС6, АС15, АС20 и др.

Зернистость – это размер преобладающей фракции зёрен. Например, круги с самой большой зернистостью 200 применяются для обдирки и имеют размер зёрен от 2500 до 2000 мкм. Далее идёт зернистость 160 с размерами зёрен от 2000 до 1600 мкм. Затем – зернистость 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16, 12, 10, 8, 6, 5, 4. Для предварительного шлифования в машиностроении обычно применяют круги с зернистостью 50 и 63, а для доводочных операций прецизионных деталей зернистость инструмента минимальна – от 6 до 4.

В качестве связующего материала шлифовальных кругов применяют: керамические связки (обозначают К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10); бакелитовые связки (Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2); металлические связки (для алмазных наполнителей); вулканитные (В, В1, В2, В3, В5, Гф, Пф, Э5, Э6) и другие. Для круглого шлифования в машиностроении наиболее часто применяют круги с керамическими и бакелитовыми связками.

Например, шлифовальный круг: 1–150 × 16 × 32 – 25А 25 СМ2 6 К Б 3. Это круг первого типа (диск). Наружный диаметр 150 мм. Ширина 16 мм. Внутренний диаметр 32 мм. Зёрна из белого электрокорунда (25А). Зернистость 315...250 мкм (25). Среднемягкой твёрдости (СМ2). Структура средняя (6). Связка керамическая (К). Класс точности Б. Класс неуравновешенности 3.

Перед началом любой операции механической обработки заготовки необходимо определить режим резания, т. е. совокупность параметров оборудования, которые задают для успешного выполнения данной технологической операции. Элементы режима резания назначаются такими, чтобы достигалась наибольшая производительность труда при минимальной себестоимости, но требуемом качестве. Параметрами режима резания для шлифовальной операции задаются в следующем порядке:

- 1) назначается глубина резания  $a$ , мм (для предварительного шлифования  $a = 0,1 \dots 0,2$  мм, для чистового  $a = 0,01 \dots 0,02$  мм);
- 2) назначается тип шлифовального круга, т. е. его зернистость и др.;
- 3) принимается скорость резания  $v_k$ , м/с;
- 4) назначается частота вращения заготовки  $n_z$ , об/мин;
- 5) принимаются значения поперечной подачи  $s_{non}$ , мм/об, и продольной  $s_{np}$ , м/мин;
- 6) оцениваются основное время обработки  $T_o$ , мин, и штучно-калькуляционное  $T_{шк}$ .



## Методика проведения работ

1 Получив от преподавателя заготовку и задание на её обработку (глубину резания  $a$ , мм, или конечный размер), определить с помощью микрометра исходный диаметр шлифования  $d_3$ , мм, и длину обрабатываемой шейки  $L_o$ , мм.

2 Произвести расчёт параметров режима резания:

а) в зависимости от вида шлифовальной операции (предварительное или тонкое) назначить скорость круга  $v_k$ , м/с (для предварительного шлифования  $v_k = 10 \dots 20$  м/с, для тонкого шлифования  $v_k = 20 \dots 40$  м/с);

б) измерить линейкой радиус шлифовального круга  $r_k$ , м;

в) вычислить окружную скорость шлифовального круга  $v_k$ , м/с, следующим образом:

$$v_k = \frac{\pi n_k}{30} r_k,$$

где  $n_k$  – частота вращения шлифовального круга,  $n_k = 1272$  об/мин;

г) назначить скорость заготовки  $v_3 = 10 \dots 40$  м/мин и определить частоту вращения её  $n_3$ , об/мин, как

$$n_3 = \frac{1000 v_3}{\pi d_3};$$

д) задать поперечную подачу  $s_{non}$ , мм/об, и продольную  $s_{np}$ , м/мин;

е) оценить штучно-калькуляционное время для данной операции:

$$T_{шк} = T_o + T_в + T_{об} + T_ф,$$

где  $T_в$  – вспомогательное время, связанное с установкой заготовки и её закреплением, управлением станком, текущими измерениями детали, которое ориентировочно принимается от 1 до 20 % от  $T_o$  в зависимости от массы заготовки и типа зажимного приспособления;

$T_{об}$  – время обслуживания станка, т. е. на его уборку, смазку и приведение в рабочее состояние, которое составляет 1...6 % от  $T_o$ ;

$T_ф$  – время на физические надобности рабочего (от 4 до 8 % от суммы  $T_o$  и  $T_в$ , т. е. оперативного времени  $T_{оп} = T_o + T_в$ ).

3 Уяснить структуру шлифовального станка и приёмы безопасной работы на нём.

4 Произвести обработку заготовки и необходимые измерения.

5 Оформить отчёт, где должны быть отражены:

а) эскиз заготовки со всеми размерами;

б) операционный эскиз;

в) вычисления и назначение параметров режима резания.



**Меры безопасности.**

Запрещается находиться в плоскости вращения шлифовального круга.

**Контрольные вопросы**

- 1 Структура универсального круглошлифовального станка.
- 2 Методика определения параметров режима резания.
- 3 Методика оценки штучно-калькуляционного времени.
- 4 Инструменты и зажимные приспособления шлифовальной операции.

## **6 Лабораторная работа № 6. Разработка технологического процесса сборки механизма**

**Цель работы:** изучение методики проектирования техпроцесса сборки.

**Задачи:**

- 1) научиться читать сборочные чертежи;
- 2) изучить устройство и принцип работы механизма по его чертежу и спецификации;
- 3) научиться составлять схемы сборки механизмов.

**Оснащение рабочего места.**

- 1 Сборочный чертёж механизма и спецификация к нему.
- 2 Линейка.

**Основные положения**

Под технологическим процессом сборки понимается соединение отдельных деталей в сборочные единицы (узлы), затем – в механизм, далее – в совокупности механизмов (агрегаты) и, в конце концов, в готовое изделие, т. е. в машину.

Сборочные работы являются одним из заключительных этапов в производственном процессе вместе с окраской, испытаниями и комплектацией. Качество сборочных работ существенно влияет на эксплуатационные свойства машины и, прежде всего, на её надёжность и долговечность. В современном машиностроении объём сборочных работ довольно значителен. Например, в автотракторостроении сборка составляет 30 % от общей трудоёмкости производства.

Сборочный процесс в общем случае может включать этапы:

- 1) ручную слесарную обработку и пригонку (применяется в основном в единичном и мелкосерийном производствах);
- 2) предварительную ручную или автоматизированную сборку механизмов;
- 3) общую сборку машины (ручную или автоматизированную);
- 4) регулировку, заправку и наладку.

Основными технологическими документами сборочного процесса являются:



- схемы сборки;
- ведомость инструментов, приспособлений и стендов;
- ведомость измерительных инструментов;
- график сборки.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

1) сборочные чертежи, которые должны содержать необходимые для полного понимания конструкции изделия проекции, виды, разрезы и посадки в сопряжениях;

2) технические требования, где указывают точность сборки, качество сопряжений (герметичность и жёсткость стыков, моменты затяжки гаек и болтов и т. п.), точность балансировки вращающихся частей, место клеймения, способ окраски, виды испытаний и другие сведения (иногда указывают методы выполнения соединений, последовательность сборки, методы промежуточного и окончательного контроля качества изделия);

3) спецификации;

4) годовая программа выпуска изделий.

При разработке техпроцесса сборки необходимо тщательно изучить сборочный чертёж изделия и мысленно расчленить его на отдельные сборочные единицы, например, валы с установленными шестернями и подшипниками, крышки с уплотнительными кольцами и т. п. Следует иметь в виду, что от объёмов выпуска изделия зависит степень механизации и автоматизации сборочных работ.

Для каждой сборочной единицы составляется своя схема сборки, т. е. графическое изображение последовательности действий рабочих на данной сборочной операции.

Название сборочной операции, как правило, соответствует названию базовой детали на этой операции, например, «Сборка вала 005», «Сборка крышки 032» и т. п. (рисунок 6.1).

#### Операция 10 «Сборка вала 005»

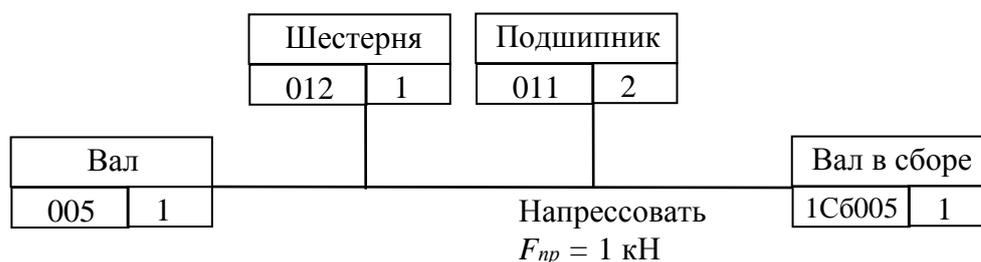


Рисунок 6.1 – Пример оформления схемы сборки для одной операции

Последней операцией является сборка механизма из уже собранных сборочных единиц и оставшихся деталей, которые устанавливаются в корпус. Количество и название деталей в собираемом механизме должно соответствовать спецификации к сборочному чертежу. При первичной разработке технологического процесса операции нумеруются через 10.



На последовательность сборки влияют, во-первых, функциональная взаимосвязь элементов изделия, во-вторых, конструкция, габариты, масса и условия монтажа деталей. При сборке невзаимозаменяемых деталей на последовательность действий влияют подгоночные работы, промежуточные разборки и сборки частей изделия, дополнительная обработка, очистка, контроль, регулировка и заправка технологическими жидкостями.

Конечный вариант техпроцесса сборки должен обеспечивать минимальную себестоимость и наивысшее качество изделия, а также давать возможность механизировать и автоматизировать производство.

При разработке техпроцесса сборки следует стремиться к тому, чтобы трудоёмкость отдельных операций была примерно одинаковой или кратной самой простой операции.

### ***Методика проведения работ***

- 1 Изучить чертёж, аннотацию к нему и спецификацию.
- 2 Мысленно разбить механизм на сборочные единицы.
- 3 Для каждой сборочной единицы составить схему сборки.

### **Меры безопасности.**

С особой осторожностью обращаться с чертежами. При необходимости – их подклеить.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Структура сборочного чертежа.
- 2 Чертёж и эскиз – это одно и то же или нет?
- 3 Структура схемы сборки.
- 4 Методика разработки технологического процесса сборки.
- 5 Что такое спецификация?

## **7 Лабораторная работа № 7. Исследование износа коленчатых валов и разработка технологических процессов их восстановления**

**Цель работы:** изучение методики дефектовки коленчатых валов ДВС и способов их ремонта.

### **Задачи:**

- 1) освоить методику контроля основных параметров коленчатого вала;
- 2) изучить характерные дефекты коленчатых валов;
- 3) освоить процедуру назначения ремонтного размера;
- 4) ознакомиться с методами восстановления коленчатых валов.



## **Оборудование, инструменты, материалы.**

- 1 Коленчатый вал, установленный на призмах.
- 2 Микрометр с необходимым измерительным интервалом.
- 3 Индикаторная стойка с ценой деления 0,01 мм.

## ***Основные положения***

Для сложных и дорогостоящих деталей заводом-изготовителем предусматривается несколько стандартных ремонтных размеров, под которые можно восстанавливать эти детали. В частности, к таким относятся коленчатые валы ДВС, наиболее характерными дефектами которых являются:

- износ шатунных и коренных шеек;
- прогиб оси вращения вала.

Интенсивность износа шеек коленчатого вала зависит от многих факторов: скоростного и нагрузочного режимов работы мотора, качества топлива и масла, степени изношенности цилиндров, поршней и их колец и др. Обычно наиболее интенсивно изнашиваются шатунные шейки, которые и лимитируют ресурс коленчатого вала. Коренные шейки изнашиваются медленнее шатунных. Но износ коренных оказывает более существенное влияние на работу мотора, поскольку приводит к нарушению соосности опор и вызывает деформацию (прогиб оси вращения) коленчатого вала. Неравномерный износ шеек валов обуславливает погрешности их формы: овальность, конусность, бочкообразность, седловидность.

Прогиб коленчатого вала может иметь место, во-первых, при значительных износах коренных шеек и их вкладышей, во-вторых, при несоблюдении технологии сборки на заводе-изготовителе или при ремонте, а именно, возникновении дополнительных усилий из-за неправильной сборки подшипников.

К числу других дефектов коленчатого вала относят: смятие резьбы под болт шкива; износ отверстий во фланце под болты маховика; износ отверстия под подшипник вала сцепления; биение фланца маховика.

Коленчатые валы ДВС изготавливают или из высокопрочного чугуна, например, марки ВЧ-50, или из средне- и высокоуглеродистых конструкционных и легированных сталей, например, марок 45, 50, 50Г, 50ХФА и др. Перед финишными операциями механической обработки (шлифовкой и полировкой) шейки коленчатых валов закаливают токами высокой частоты (ТВЧ) до твердости 52...65 HRC.

При ремонте применяются следующие технологические процессы восстановления шеек коленчатых валов:

- шлифовка и полировка шеек под стандартные ремонтные размеры;
- наплавка под флюсом с последующей обработкой под номинальные размеры, где используется один из трёх вариантов:

1) наплавка проволокой НП-30ХГСА под флюсом АН-348А с последующей нормализацией, токарная обработка, закалка шеек ТВЧ, шлифование, полирование;

2) наплавка высокоуглеродистой пружинной проволокой II класса под флюсом АН-348А с последующим высокотемпературным отпуском, токарная обработка, закалка шеек ТВЧ, шлифование, полирование;

3) наплавка высокоуглеродистой пружинной проволокой II класса под легирующим флюсом с последующим предварительным и тонким шлифованием и полированием (термическая обработка по этой технологии не предусмотрена, так как твёрдость шеек после наплавки  $HRC\ 56...62$ ).

### Методика проведения работ

1 Произвести измерения микрометром каждой шейки коленчатого вала в двух поперечных сечениях, отстоящих от щёк на расстоянии 3...5 мм, а каждое сечение в двух взаимно перпендикулярных плоскостях – вертикальной и горизонтальной. При этом шатунная шейка должна располагаться вертикально. Изобразить в отчёте схему измерений. Результаты измерений также записать в отчёт (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Результаты измерений

Сечение измерений	Плоскость измерений	Коренные шейки				Шатунные шейки			
		1	2	...	$n$	1	2	...	$n$
I	Вертикальная								
	Горизонтальная								
II	Вертикальная								
	Горизонтальная								

2 Определить шатунную и коренную шейки с наибольшими износами, т. е. с  $d_{min}$ . Для этих шеек оценить конусности ( $K_u, K_k$ ) и овальности ( $O_u, O_k$ ).

Конусность – это разность между наибольшим и наименьшим диаметрами шейки, измеренными в одной плоскости двух сечений.

Овальность – это разность между наибольшим и наименьшим диаметрами шейки, измеренными в одном сечении, но в разных плоскостях.

Результаты расчётов отразить в отчёте.

3 С помощью индикаторной стойки определить прогиб вала. Для этого нужно к средней коренной шейке подвести измерительный стержень индикатора часового типа и плавно повернуть вал на  $360^\circ$ , зафиксировав амплитуду стрелки индикатора. Результат отразить в отчёте.

Линейкой измерить расстояние между серединами первой и последней коренных шеек. Это есть опорная длина вала. Определить допустимую величину прогиба для данного вала, если известно, что допустимым считается прогиб, равный 0,02 мм на 1 м опорной длины вала. В отчёте привести схему измерений

и заключение по поводу правки вала.

4 Определить стандартные ремонтные размеры  $d_p$  отдельно для шатунных и коренных шеек по формуле

$$d_p = ROUND_{cm} (d_{\min} - 2Z_{\min}),$$

где  $ROUND_{cm}$  – функция округления до ближайшего меньшего стандартного ремонтного размера отдельно для шатунных и коренных шеек коленчатого вала данного ДВС (таблица 7.2);

$d_{\min}$  – минимальный измеренный диаметр отдельно шатунных и коренных шеек;

$2Z_{\min}$  – минимальный припуск под механическую обработку на диаметр, вычисляемый отдельно для шатунных и коренных шеек:

$$2Z_{\min} = 2 \left( R_Z + H + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} + Z_{\min}^{пол} \right),$$

где  $R_Z$  – шероховатость шеек перед шлифовкой (если не было проворота вкладышей, то принимается 0,002 мм, а если вкладыши были провернуты, то 0,02 мм);

$H$  – толщина дефектного слоя (0,001 мм);

$\rho$  – наибольшая вычисленная погрешность формы (конусность или овальность) шейки, мм;

$\varepsilon$  – погрешность базирования вала при шлифовке (0,002 мм);

$Z_{\min}^{пол}$  – припуск на одну сторону под полирование (0,001 мм).

Таблица 7.2 – Параметры коленчатых валов ДВС

Параметры		ГАЗ-51	ЗМЗ-24	КамАЗ-740
Номинальный диаметр шеек, мм	коренных	64,00 <sub>-0,013</sub>	64,000 <sub>-0,013</sub>	95,000±0,011
	шатунных	51,50 <sub>-0,033</sub>	58,000 <sub>-0,013</sub>	80,000±0,009
Радиус кривошипа, мм		55,00 <sup>+0,05</sup>	46 <sup>+0,025</sup>	60 <sup>+0,025</sup>
Материал вала		Сталь 40	Сталь 45	Сталь 50ХФА
Твердость шеек <i>HRC</i>		52...62	60 ± 5	60...65
Допустимая овальность, мм		0,01	0,01	0,01
Допустимая конусность, мм		0,01	0,01	0,01
Ремонтный интервал шеек, мм		-0,25	-0,25	-0,5
Количество ремонтных размеров		6	6	4

Расчёты представить в отчёте.

5 В случае невозможности шлифовки и полировки вала под последний стандартный ремонтный размер в отчёте надо указать метод восстановления коленчатого вала.

### Меры безопасности.

С особой осторожностью перемещать и поворачивать коленчатый вал.



### **Контрольные вопросы**

- 1 Инструменты для измерения коленчатых валов.
- 2 Методы ремонта коленчатых валов.
- 3 Точность изготовления коленчатых валов.
- 4 Чистота поверхностей коленчатых валов.
- 5 Методика определения ремонтных размеров коленчатых валов.

## **8 Лабораторная работа № 8. Исследование износа гильз цилиндров ДВС и разработка техпроцесса их восстановления**

**Цель работы:** изучение методики определения ремонтных размеров цилиндров ДВС.

### **Задачи:**

- 1) изучить инструменты и приборы для контроля цилиндров ДВС;
- 2) измерить цилиндры;
- 3) построить эпюры износа цилиндров;
- 4) назначить ремонтный размер.

### **Оборудование, инструменты, материалы.**

- 1 Нутромер индикаторный с ценой деления 0,01 мм.
- 2 Блок-картер ДВС.

### **Основные положения**

Износ цилиндра ДВС выражается в увеличении его диаметра и сопровождается искажением правильной геометрической формы. Причём износ цилиндра в средней части, как правило, больше, что связано со спецификой кривошипно-шатунного механизма, т. е. с направлением и величинами действующих сил (рисунок 8.1).

Основными причинами, вызывающими износ цилиндров, являются истирающие действия поршневых колец и боковых поверхностей поршня, а также газовая химическая коррозия. Овальность и бочкообразность цилиндра – следствие неравномерного давления поршня и колец на стенки цилиндра, т. к. в плоскости качания шатуна на стенки цилиндра действуют боковые силы  $N$  от поршня и поршневых колец.

В результате износа зазор между цилиндром и поршнем может превысить допустимую величину 0,08 мм, что приводит к недостаточной компрессии и, как следствие, снижению мощности мотора, затруднениям при его запуске, увеличению расхода топлива и масла на угар. У вновь собранного мотора нормальный зазор между поршнем и цилиндром составляет 0,02...0,04 мм. Это



обеспечивает лёгкий пуск холодного двигателя и не допускает заклинивания поршня у прогретого.

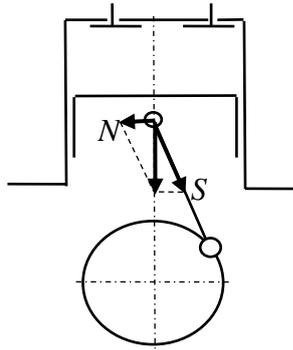


Рисунок 8.1 – Схема сил в КШМ

В моторостроении широко применяется групповой метод сборки. Это позволяет снизить себестоимость изготовления деталей за счёт расширения их полей допусков (примерно до 6...8 квалитетов). Но для обеспечения указанных зазоров в сопряжениях (по 2...3 квалитетам) детали сортируют по размерным группам (А, В, С и т. д.). Групповой метод сборки предусмотрен для таких сопряжений, как «цилиндр – поршень», «верхняя головка шатуна – поршневой палец», «поршневой палец – бобышки поршня», «толкатель – направляющая втулка» и др. Поэтому в цилиндры группы А устанавливают поршни группы А и т. д. Например, выпускаемые цилиндры и поршни номинального и каждого ремонтных размеров двигателей Заволжского моторного завода (ЗМЗ) сортируют на пять групп через 0,012 мм. На четыре группы через 0,01 мм сортируют цилиндры и поршни двигателей Ярославского моторного завода (ЯМЗ) и др. Групповой подбор указанных деталей необходим и в ремонтном производстве.

Если обозначить диаметр каждого цилиндра нового мотора номинальным размером  $D_n$ , то после определённого периода работы будет иметь место износ, причем, как правило, неравномерный. При обозначении наиболее изношенного цилиндра (с наибольшим диаметром)  $D_{из}^{max}$  ремонтный размер  $D_p$  определится по формуле

$$D_p = ROUND_{cm} \left( D_{из}^{max} + 2Z_{min} \right),$$

где  $ROUND_{cm}$  – функция округления до ближайшего большего стандартного ремонтного размера завода-изготовителя (таблица 8.1);

$2Z_{min}$  – минимальный припуск под механическую обработку, мм.

Как при изготовлении новых, так и при ремонте цилиндры растачивают и затем хонингуют. Установочной базой у сменных гильз являются наружные посадочные пояски, а у блок-картера – привалочная поверхность под масляный картер с отверстиями под установочные штифты.

Таблица 8.1 – Параметры цилиндров ДВС

Модель мотора	Номинальный размер	Ремонтный размер		
		Первый	Второй	Третий
ВАЗ-2107	76,0 <sup>+0,05</sup>	76,2 <sup>+0,05</sup>	76,4 <sup>+0,05</sup>	76,6 <sup>+0,05</sup>
ВАЗ-21083	82,0 <sup>+0,03</sup>	82,4 <sup>+0,03</sup>	82,8 <sup>+0,03</sup>	–
УФМЗ-412	82,0 <sup>+0,05</sup>	82,5 <sup>+0,05</sup>	83,0 <sup>+0,05</sup>	83,5 <sup>+0,05</sup>
ЗМЗ-24Д	92,0 <sup>+0,084 +0,024</sup>	92,5	93,0	93,5
ЗМЗ-53	92,0 <sup>+0,06</sup>	92,5	93,0	93,5
ЗИЛ-130	100,0 <sup>+0,06</sup>	100,5	101,0	101,5
КамАЗ-740	120,0 <sup>+0,06</sup>	120,25	120,5	–
СМД-62	130,0 <sup>+0,06</sup>	130,25	130,5	–

Растачивание делают на специальных вертикально-расточных станках, например, модели 2Е78П. Хонингуют цилиндры на специальных вертикально-хонинговальных станках, например, 3Г833. При этом на поверхности цилиндра получается сетка микронеровностей (рисунок 8.2), которая удерживает масляную плёнку и увеличивает ресурс мотора.

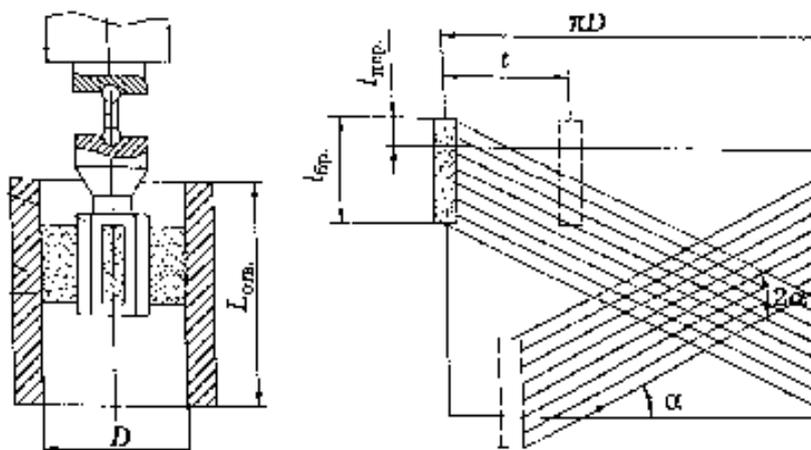


Рисунок 8.2 – Схема хонингования

Черновое хонингование ведут хонинговальными головками с брусками КЗ10-ОСТ1К и др., окончательное – брусками КЗМ20СМ1 К и др.

Под растачивание цилиндров диаметром 80...150 мм минимальные припуски  $2Z_{\min}^{\text{расм}} = 0,1...0,15$  мм, а под хонингование  $2Z_{\min}^{\text{хон}} = 0,02...0,08$  мм. Охлаждающей жидкостью служит керосин или моторное масло.

### **Методика проведения работ**

1 Настроить нутромер по калибру на номинальный размер с запасом на износ (1...1,5 мм) и произвести замеры цилиндров в 5...7 уровнях (сечениях по

высоте каждого цилиндра) в плоскости качания шатуна и в перпендикулярной к ней. Таблицу измерений представить в отчёте.

2 По результатам измерений построить в отчёте эпюры износа цилиндров для обеих плоскостей всех цилиндров.

3 Определить модель ДВС. По величине максимального износа с учётом рекомендуемых припусков под мехобработку определить и отразить в отчёте стандартный ремонтный размер цилиндров, под который их можно отремонтировать (см. таблицу 8.1).

### **Меры безопасности.**

Запрещается перемещать и раскачивать блок-картер.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Инструменты для измерения цилиндров.
- 2 Методы сборки цилиндров ДВС.
- 3 Точность изготовления цилиндров ДВС.
- 4 Чистота поверхностей цилиндров ДВС.
- 5 Методика определения ремонтных размеров цилиндров ДВС.

## **9 Лабораторная работа № 9. Испытания масляного насоса ДВС**

**Цель работы:** изучение методики испытаний насосов.

### **Задачи:**

- 1) уяснить конструкцию масляного насоса;
- 2) изучить характерные виды износа деталей шестерённого насоса;
- 3) выяснить устройство стенда КИ–1575;
- 4) изучить методику испытаний насосов.

### **Оборудование, инструменты, материалы.**

- 1 Стенд КИ-1575 для испытания узлов систем смазки двигателей.
- 2 Масляный насос двигателя.
- 3 Штангенциркуль ШЦ-125.
- 4 Секундомер.



## Основные положения

Одним из заключительных этапов производственного процесса создания машины является её испытание, где инструментальным (объективным) путём определяется качество изделия. Испытания также широко применяются и в ремонтном производстве. При проведении натурных исследований имитируется реальная работа машины или её части. При этом с помощью приборов и инструментов фиксируются интересующие исследователя параметры и характеристики. Сравнивая полученные результаты с эталонными, можно сделать объективный вывод о качестве изделия.

Применяют два метода испытаний насосов:

- 1) с помощью оценки максимального давления  $p_{\max}$ , которое может развивать данный насос;
- 2) путём определения действительной подачи насоса  $Q_{\partial}$ .

В первом случае требуется стенд с довольно мощным приводом и защитой, т. к. шестерённые насосы развивают давления до 200 МПа. Во втором случае не требуется стенд с мощным приводом и защитой, что является главным достоинством этого метода.

### Методика проведения работ

1 Извлечь из корпуса насоса одну шестерню и измерить штангенциркулем её наружный диаметр (диаметр вершин зубьев)  $d_h$ . Подсчитать число зубьев шестерни  $z$ . Вычислить модуль шестерни  $m$ , мм, с округлением до ближайшего значения с шагом 0,25:

$$m = \frac{d_h}{z + 2}.$$

2 Измерить штангенциркулем ширину зубчатого венца  $b$ .

3 Получить от преподавателя исходные данные для испытаний – три частоты вращения вала насоса ( $n_1; n_2; n_3$ ) и три уровня давлений ( $p_1; p_2; p_3$ ).

4 Определить подачи насоса  $Q_{mi}$ , л/мин, для заданных частот  $n_i$ :

$$Q_{mi} = \frac{m^2 b z n_i}{159200}.$$

5 Результаты занести в отчёт (таблица 9.1).

6 Приготовить таблицу испытаний (таблица 9.2) и секундомер.

7 Уяснить структуру стенда КИ-1575, схема которого отражена на рисунке 9.1.

8 Провести испытания насоса. Вычислить действительные подачи  $Q_{\partial}$ , л/мин, следующим образом:

$$Q_{\partial} = \frac{240}{t_{cp}}.$$

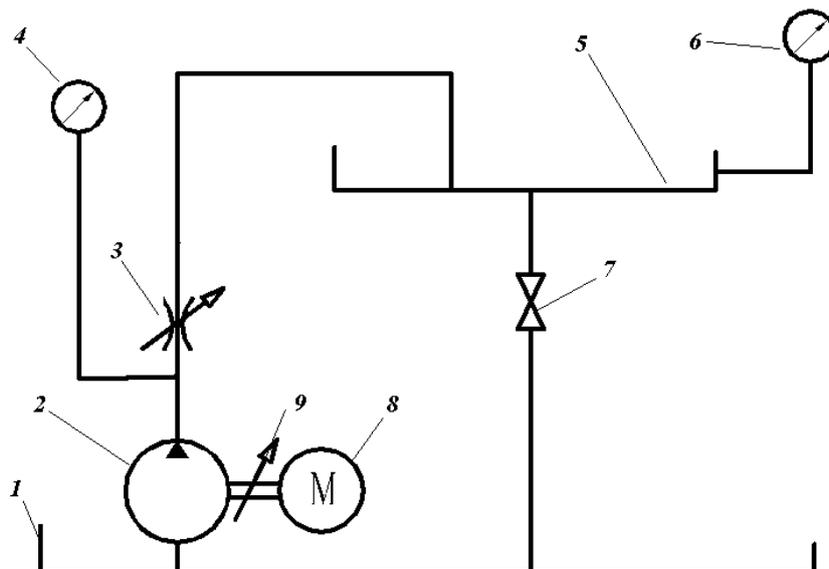


Таблица 9.1 – Параметры и показатели насоса

Наименование параметров и показателей	Единица измерения	Обозначение и значения	
Число зубьев шестерни насоса	шт.	$z$	
Диаметр вершин зубьев шестерни	мм	$d_h$	
Ширина зубчатого венца шестерни	мм	$b$	
Модуль зацепления шестерён	мм	$m$	
Теоретические подачи насоса	л/мин	$Q_{m1}$ для $n_1$	
		$Q_{m2}$ для $n_2$	
		$Q_{m3}$ для $n_3$	

Таблица 9.2 – Результаты испытаний насоса

Частота, об/мин	Давление, атм.	Время наполнения, с				Подача $Q_0$ , л/мин
		$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_{cp}$	
$n_1 =$	$p_1 =$					
	$p_2 =$					
	$p_3 =$					
$n_2 =$	$p_1 =$					
	$p_2 =$					
	$p_3 =$					
$n_3 =$	$p_1 =$					
	$p_2 =$					
	$p_3 =$					



1 – нижний бак; 2 – испытуемый насос; 3 – регулятор давления; 4 – манометр; 5 – верхний бак; 6 – указатель уровня масла; 7 – сливной кран; 8 – приводной двигатель; 9 – вариатор

Рисунок 9.1 – Схема стенда КИ-1575

9 Построить графики зависимостей подачи насоса от частоты вращения для каждого уровня давления  $Q_{\partial} = f(n, p)$  (рисунок 9.2).

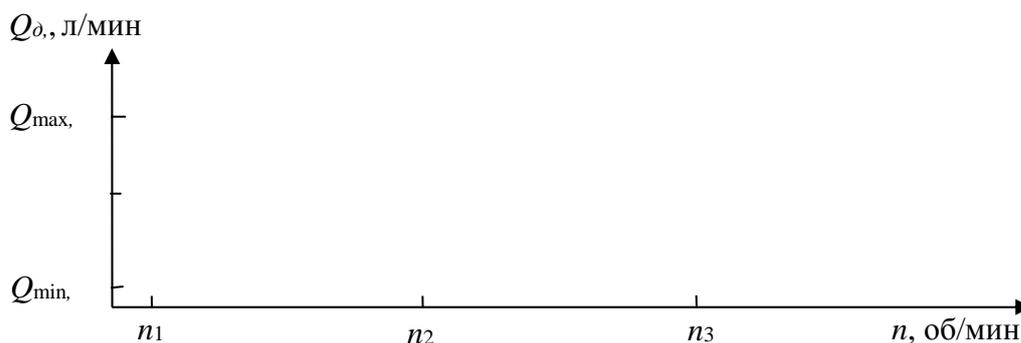


Рисунок 9.2 – Характеристики насоса

10 Определить средние значения теоретической подачи насоса  $Q_{m.cp}$  и действительной  $Q_{\partial.cp}$  и вычислить коэффициент подачи насоса по формуле

$$k_n = \frac{Q_{\partial.cp}}{Q_{m.cp}} 100 \%$$

11 Оценить доверительные интервалы для каждой точки снимаемых характеристик:

$$a_i = \pm 4,3\sigma_i,$$

где  $\sigma_i$  – среднее квадратическое отклонение измеряемой величины, вычисляемое по зависимости

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (t_i - t_{cp})^2}{2}},$$

где  $t_i$  – время наполнения верхнего бака испытательного стенда в  $i$ -м опыте при данной частоте вращения вала насоса  $n_i$  и данном давлении  $p_i$ ;

$t_{cp}$  – среднее время наполнения верхнего бака испытательного стенда при данной частоте вращения вала насоса  $n_i$  и данном давлении  $p_i$ .

### Меры безопасности.

- 1 Не прикасаться к приводному электродвигателю стенда.
- 2 Не залазить за кожух стенда.



## **Контрольные вопросы**

- 1 Цель испытаний насосов.
- 2 Методы оценки качества насосов.
- 3 Структура стенда для испытаний масляных насосов.
- 4 Методика испытаний насосов.

## **Список литературы**

- 1 **Суслов, А. Г.** Технология машиностроения / А. Г. Суслов. – Москва : Машиностроение, 2004. – 400 с.
- 2 **Ярошевич, В. К.** Технология ремонта автомобилей. Лабораторный практикум / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Минск : Вышэйшая школа, 2004. – 216 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – Т. 1–2.
- 4 Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов / Под ред. В. А. Зорина. – Москва : Машиностроение, 2001. – 400 с.
- 5 **Воробьёв, И. С.** Технология машиностроения и ремонт машин / И. С. Воробьёв. – Москва : Высшая школа, 1981. – 355 с.
- 6 **ГОСТ 2789–73.** Шероховатость поверхностей. – Москва : Изд-во стандарт, 1979. – 12 с.

