ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования машиностроительного производства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы технологии машиностроения»
для студентов направлений подготовки бакалавров
151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»)
и 150700.62 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Воронеж 2015

Составители: канд физ-мат. наук С.Н. Яценко,
ст. преп. Ю.Э. Симонова

УДК 658 012

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов направлений подготовки бакалавров 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы») и 150700.62 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. С.Н. Яценко, Ю.Э. Симонова. Воронеж, 2015. 47 с.

В методических указаниях представлены подробные теоретические сведения по темам выполняемых лабораторных работ: дан порядок расчета режимов и сил резания, расчет темпа и выбора производства, правила составления технологического процесса обработки деталей. Изложен ход выполнения каждой работы, определены содержания отчетов.

Предназначены для студентов 3-4 курсов.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS WORD 97 и содержатся в файле лротмс.doc.

Табл. 14. Ил. 10. Библиогр.: 6 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. В.И. Корнеев

Ответственный за выпуск зав. кафедрой профессор С.В. Сафонов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
РАСЧЕТ ТЕМПА И ВЫБОР ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы: определение темпа выпуска деталей и выбор на основе темпа выпуска типа производства определенных деталей (узлов).

Выбор типа производства является первым этапом разработки технологического проекта. Отнесение процесса изготовления детали к тому или иному типу производства во многих аспектах определяет технические и организационные решения разрабатываемого проекта. Это следует из определения типа производства.

Существует три типа производства.

Массовое производство характеризуется тем, что на одних и тех же рабочих местах в течение длительного времени постоянно выполняется одна и та же операция для одной и той же детали. Очень редко допускается переход на обработку однотипной детали, отличающейся некоторыми размерами и элементами формы, не требующих значительной и длительной переналадки оборудования. Применяемое оборудование – автоматические линии и полуавтоматы, роботы-манипуляторы, станки с ЧПУ и т.п.

Серийное производство характеризуется тем, что на рабочих местах в течение календарного времени (месяц) неоднократно меняется форма, материал и размеры обрабатываемых деталей, причем детали поступают партиями, поэтому целесообразно использование различного рода приспособлений и инструментов для переналаживаемого специального и универсального оборудования. Время переналадки может быть сокращено путем использования станков с ЧПУ и промышленных роботов. Серийное производство характеризуется изготовлением большого объема изделий ограниченной номенклатуры периодически повторяющимися партиями.

В зависимости от количества изделий в партии и значе-

ния коэффициента закрепления операции различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Коэффициент закрепления операции – отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых в течение месяца, к числу рабочих мест:

$$К_{з.о.} = \frac{О}{Р}$$

Для мелкосерийного производства $К_{з.о.}$ составляет 20…40; среднесерийного 10…20; крупносерийного 1…10.

Индивидуальное производство характерно тем, что на рабочих местах нет повторяемости деталей и комплексов переходов, отсутствует также определенная повторяемость запуска деталей в производство (нет специализированной оснастки). Применяемое оборудование – универсальное, многоцелевые станки с ЧПУ.

Выбор наиболее целесообразного типа производства осуществляется путем сравнения темпа выпуска детали со средним штучным временем, затраченным на одну операцию механической обработки.

Темпом выпуска называется интервал времени между выпуском двух последовательно обрабатываемых деталей в условиях ритмичного производства.

Темп выпуска определяется по формуле:

$$Тв = 60Fд * m / N, \quad мин/шт.,$$

где Fд – действительный годовой фонд времени работы оборудования при работе в одну смену (час);

m – число смен;

N – годовая программа выпуска детали (шт).

Действительный годовой фонд времени подсчитывается по формуле

$$Fд = Тсм * Ф * Кр, ч.,$$

Где Тсм – продолжительность одной смены;

Ф – число рабочих дней в году;

Кр – коэффициент, учитывающий простой оборудования в течение рабочей смены в связи с текущим ремонтом и техническим обслуживанием (см. таб. 1)

Таблица 1

Значение коэффициента Кр

Наименование оборудования	Число рабочих смен		
	1	2	3
Металлорежущие станки общего назначения	0,98	0,97	0,96
Уникальные металлореж станки (m>100 т.)	-	0,94	0,9
Автоматические линии	-	0,9	0,88

Число рабочих дней в году

Ф = 365 - (В + П), где В – число выходных и П - праздничных дней. В СССР Ф = 253 дня.

Среднее штучное время рассчитывается по формуле

Т шт. = ∑Т шт.i / n, мин.,

где n – число операций механической обработки; Тшт. – штучное время i-ой операции.

Для расчета Тшт. Используют приближенные формулы основного времени То для отдельных переходов, входящих в операцию, а также поправочные коэффициенты, учитывающие вспомогательное время на выполнение операции:

$$Т_{шт}\ i = Тоi * \varphi_к.$$

После подсчета темпа выпуска и среднего штучного времени на операцию определяется коэффициент серийности:

Ксер = Тв / Тшт ср.

Величина Ксер позволяет выбрать тип производства, пользуясь таблицей 3.

Таблица 2

Показатели значения $\varphi_к$

Виды станков	Производство	
	единичное и мелкосерийное	Крупносерийные
Токарное	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	-	1,5
Вертикально-сверлильные	1,72	1,3
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	-
Круглошлифовальные	2,1	1,55
Строгальные	1,73	-
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

Таблица 3

Связь типа производства с Ксер.

Тип производства		Ксер.
Массовое		До 3
Серийное	Крупно-серийное	Св.3 до 5
	Средне-серийное	Св.5 до 20
	Мелко-серийное	Св.20 до 40
Индивидуальное		Св.40

Если подсчеты Ксер показывают, что должно быть выбрано серийное производство, то дополнительно подсчитывают количество деталей в партии nп, то есть количество деталей, одновременно запускаемых в производство, по формуле:

$Nп = N * t / Ф,$

где t – количество дней запаса деталей, одновременно

хранящихся на складе и обеспечивающих бесперебойную работу сборочного участка.

Считаются достаточными следующие величины дней запаса: для крупных деталей t = 2-3 дня, для средних деталей t = 5 дней, для мелких деталей t =10-30 дней (меньшее значение t рекомендуется выбирать для крупносерийного производства, а большее – для мелкосерийного производства).

Содержание отчета по лабораторной работе.

1 Чертеж детали.

2. Годовая программа выпуска.

3. По чертежу детали составить маршрут обработки.

4. На каждую операцию по таблицам назначить Тоі .

5. По формуле определить Тштi на каждую операцию.

6. Рассчитать К сер и выбрать тип производства.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА

Цель работы: изучить методику исследования случайных погрешностей, научиться строить кривую нормального распределения.

При изготовлении деталей на металлорежущих станках часто приходится пользоваться лимбами, дающими возможность отсчитывать необходимые перемещения узлов станка. При этом не представляется возможным точно получить необходимое перемещение ввиду влияния погрешности установки.

Погрешность установки размера по лимбу станка является случайной погрешностью и зависит от многих переменных факторов: величины силы трения в направляющих, жесткости цепи перемещения, износа винтовой пары, зрения рабочего, освещенности рабочего места, ширины штрихов на шкале лимба, неточности шага винта, неточности нанесения деления на лимбе и др.

Величину погрешности установки по лимбу станка можно найти на основании наблюдений, построения кривых распределения и их математической обработки.

Для получения данных, по которым строится кривая распределения, необходимо многократно устанавливать узел станка в одно и то же положение по лимбу, фиксируя каждый раз измерительным прибором фактическое положение узла

Порядок выполнения работы

1. Установить лимб станка на выбранное деление.

2. Закрепить на неподвижном узле станка индикаторную стойку так, чтобы измерительный наконечник касался перемещающейся при опыте детали станка, при этом индикатор устанавливается на любое деление с натягом.

3. Поворачивая рукоятку винта в обратном направлении, отвести назад (на 0,5 - 1 оборот винта) перемещающийся узел так, чтобы обязательно был выбран зазор в винтовой паре.

4. Поворачивая рукоятку винта, переместить узел станка до совпадения риски выбранного деления лимба с неподвижной отметкой. Записать показание индикатора.

5. Многократно (80 - 120 раз) повторить пункты 3 и 4 Показание индикатора записать в таблицу 4.

Таблица 4

Номер установки узла (измерения)	Показания индикатора в мкм	Номер установки узла (измерения)	Показания индикатора в мкм
1	2	1	2

6. Построить на координатной плоскости точечную иллюстрацию проведенных измерений, в которой по оси абсцисс откладываются номера измерений, а по оси ординат - показания индикатора.

7. По результатам измерений определить разность между наибольшим и наименьшим размерами (размах варьирования или ширину размаха), которая разбивается на несколько рав-

ных интервалов. Количество интервалов выбирается в зависимости от числа измерений. При числе измерений порядка 100 обычно принимается 7 - 10 интервалов.

8. Определить частоту попаданий m_i для каждого интервала, т.е. количество измерений, размеры которых попали в каждый интервал. Если какой-либо из размеров попадает на границу интервала, то в смежные интервалы относится по 1/2 единицы.

9. Построить опытную кривую распределения следующим образом: на оси абсцисс откладываются отрезки, соответствующие размеру принятого значения интервала, и посредине каждого из них откладываются ординаты, равные частоте попадания m_i в данный интервал.

10. Для удобства обработки данных результаты измерений и расчетов свести в таблицу 5.

11. Подсчитать значение $\overline{X}$ и σ.

Таблица 5

№ интервала	Интервалы размеров от_ до_	Среднее значение интервала $X_{i\,cp}$	Частота попадания в интервал m_i	$X_{icp}\,m_i$	$X_{icp} - \overline{X}$	$\left(X_{icp} - \overline{X}\right)^2 \cdot m_i$
1	2	3	4	5	6	7
			$n = \sum m_i$	$\sum X_{icp}\, m_i$		$\sum \left(X_{icp} - \overline{X}\right)^2 \cdot m_i$

$$\overline{X} = \frac{\sum X_{icp} \cdot m_i}{n},$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \left(X_{icp} - \overline{X}\right)^2 \cdot m_i}{n}}$$

где X_{icp}- среднее значение интервала;

m_i - частота попадания в интервал;

σ - среднее квадратичное отклонение;

n - количество измерений.

12. Построить кривую нормального распределения (кривую Гаусса), совместив ее с опытной кривой.

Кривая нормального распределения (кривая Гаусса) - это плавная теоретическая кривая, которая получается при действии на процесс бесконечного числа независимых случайных факторов при бесконечном числе наблюдений (рис.3.1).

Общее уравнение кривой нормального распределения имеет вид:

$$y = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot l \cdot \frac{-x^2}{2\sigma^2}$$

где l - основание натурального логарифма (l = 2,781...);

$x = X_{icp} - \overline{X}$ - отклонение действительных измерений от средних;

σ - среднее квадратичное отклонение.

Для облегчения построения кривой можно воспользоваться округленными значениями ординат Y, вычисленных для абсцисс, приведенных в табл. 6.

Таблица 6

$\pm x$	0σ	0,5σ	σ	1,5σ	2σ	2,5σ	3σ
$\pm y$	$\frac{0,4}{\sigma}$	$\frac{0,35}{\sigma}$	$\frac{0,24}{\sigma}$	$\frac{0,13}{\sigma}$	$\frac{0,05}{\sigma}$	$\frac{0,018}{\sigma}$	$\frac{0,004}{\sigma}$

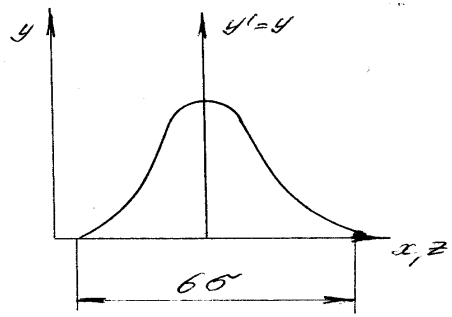

Рис. 1. Кривая нормального распределения

Для построения кривой нормального распределения достаточно иметь 5 - 7 точек, например: x = 0, x = $\pm\sigma$, x = $\pm 2\sigma$, x = $\pm 3\sigma$.

Абсциссы точек откладываются по оси x, считая, что точкой начала координат является точка O, соответствующая среднему арифметическому измерению $\overline{X}$.

Чтобы привести кривую нормального распределения к масштабу экспериментальной кривой распределения, ординаты, взятые из табл. 3 умножаются на "*n*" и "ΔX":

где ΔX - интервал размеров, выраженных в единицах параметров σ; *n* - число измерений.

Точки, полученные для теоретической кривой, соединяются плавной линией.

Чтобы сопоставить графически проведенные исследования и определить, насколько полученная кривая рассеивания фактических измерений приближается к теоретической кривой нормального распределения, обе кривые следует начертить совмещено в одном и том же масштабе.

13. Составить отчет, сделать выводы.

Содержание отчета по лабораторной работе.

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Результаты опытов (по форме таблиц 4, 5, 6).
4. Построение точечной диаграммы и её анализ.
5. Расчет величин $\overline{X}$, σ.
6. Графическое построение опытной кривой распределения и теоретической кривой нормального распределения.
7. Выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ СИЛ РЕЗАНИЯ

Цель работы: изучить методику расчета величины деформации обрабатываемых деталей с последующей экспериментальной проверкой.

При обработке заготовок на МРС силы резания воздействуют на детали станка, приспособлений, обрабатываемую деталь, вследствие чего происходит деформация всей технологической системы. Положение режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности меняется (происходит отжим инструмента), появляются отклонения от требуемой формы детали - погрешности обработки.

Как правило, в системе «станок – приспособление - инструмент – заготовка» деформация обрабатываемой детали существенно больше деформации остальных ее составляющих. Она и влияет в основном на точность обработки.

Величину деформации вала при его точении можно приблизительно определить как для случая изгиба балки. При этом расчетные схемы и формулы для вычисления прогибов вала под действием сил резания зависят от способов его установки и закрепления на станке.

Рассмотрим несколько случаев.

1. Обтачивание вала, установленного в патроне станка (рис. 2).

В качестве расчетной схемы для определения деформации изгиба принимают консольную балку с жесткой заделкой, нагруженную сосредоточенной силой. Вылет балки l меньше длины вала. Прогиб вала в точке контакта с резцом определяется по формуле

$$f = \frac{P_y \cdot x^3}{3 \cdot E \cdot J}, \text{ мм}$$

где E - модуль упругости первого рода (для стали E = 2000 кг/мм);

J - осевой момент инерции поперечного сечения вала.

Для вала с круглым сечением

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 0{,}05 \cdot d^4, \text{ мм}^4$$

где d - диаметр прутка, мм

Максимальный прогиб под резцом (отжим) будет при крайнем правом положении инструмента ($X = L$)

$$f_{max} = \frac{P_y \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} = 0{,}333 \cdot \frac{P_y \cdot l^3}{E \cdot J}, \text{ мм}$$

Конусообразная форма обточенной части вала показана на рис. 2.

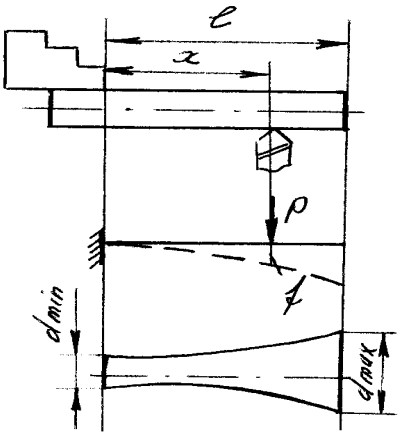

Рис. 2

2. Обтачивание вала, установленного в патроне и поджатого задним центром (рис. 3).

Расчетной схемой будет являться статически неопределимая двухопорная балка, жестко заделанная одним концом и шарнирно опертая другим. Длина балки меньше длины вала.

Прогиб под резцом:

$$f = \frac{P_y \cdot x^3}{E \cdot J} \cdot \left[\frac{1}{3} - \frac{3}{4} \cdot \frac{x\left(l - \frac{x}{3}\right)^2}{l^3} \right].$$

Максимальным прогиб становится, когда резец находится в сечении

$$x = \left(2 - \sqrt{2}\right) \cdot l \approx 0{,}586 \cdot l,$$

$$f_{\max} = 0{,}00981 \cdot \frac{P_y \cdot l^3}{E \cdot J},$$

Бочкообразная форма обточенного участка показана на рис. 3.

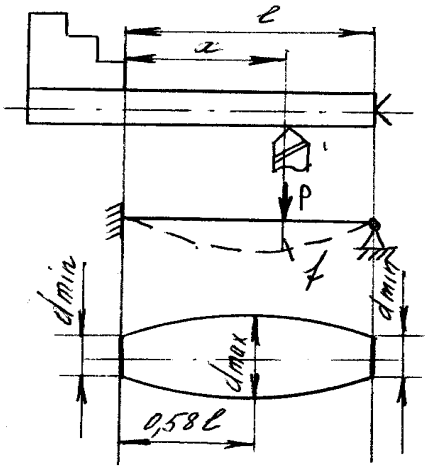

Рис. 3

3. Расчет режимов резания и радиальной составляющей силы резания.

Составляющие силы резания, вызывающие изгиб заготовки, показаны на рис. 4. Радиальная составляющая P_y направлена по радиусу к оси вращения заготовки. Она вызывает изгиб вала в плоскости X_{0y}, при этом глубина резания уменьшается на величину прогиба заготовки под резцом в этой плоскости. Тангенциальная составляющая P_z направлена по

касательной к вращающейся заготовке. Она изгибает заготовку в плоскости X_{oz} и глубина резания практически не меняется. Осевая составляющая силы резания P_x направлена вдоль оси вращения заготовки. Влиянием тангенциальной и осевой составляющей сил резания на точность обработки можно пренебречь.

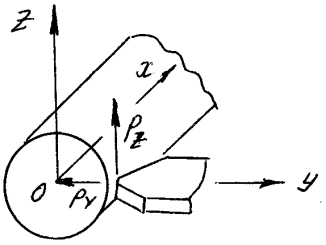

Рис. 4

Сила P_y определяется по обычной методике:

а) глубину резания t определяют по формуле

$$t = \frac{d_{заг} - d_{дет}}{2},$$

$$t = 0{,}5 \text{ мм}.$$

б) подача при черновой обработке и заданной выше глубине резания

$$S_0 = 0{,}3 \text{ мм/об}$$

в) скорость резания (м/мин)

$$V = \frac{C_v}{T^m t_0^{x_v} S_0^{y_v}} \cdot K_v,$$

где T - стойкость инструмента в мин

C_v, m, X_v, Y_v - табличные постоянные

K_v - поправочный коэффициент на скорость резания. Находят как произведение ряда коэффициентов

$$K_v = K_m \cdot K_n \cdot K_и,$$

где K_m - учитывает качество обрабатываемого материала.

$K_п$ - учитывает состояние поверхности заготовки.

$K_и$ – учитывает марку материала режущей части инструмента.

г) число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин}$$

Число оборотов необходимо скорректировать по паспорту станка и затем определить фактическую скорость резания.

Радиальная составляющая силы резания при наружном продольном точении:

$$P_y = 10 C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p,$$

Значения C_p, X_p, Y_p, n_p находятся из таблиц а поправочный коэффициент

$$K_p = K_м \cdot K_\varphi \cdot K_л \cdot K_п \cdot K_r,$$

где $K_м$ - поправка на качество материала заготовки

$K_\varphi \cdot K_л \cdot K_п \cdot K_r$ - коэффициенты, учитывающие геометрические параметры резца.

Последовательность выполнения работы

1. Установить предварительно обработанную до постоянного диаметра заготовку двумя любыми способами. Длина обтачиваемой части заготовки должна быть L = (8 - 10)d.

2. Установить и закрепить проходной резец.

3. Замерить диаметр заготовки и длину обтачиваемой части L.

4. Определить режимы резания, ориентируясь на режим чернового обтачивания.

5. При выбранных режимах резания произвести обтачивание вала.

6. Измерить диаметр обработанной заготовки в характерных сечениях (рис. 2, 3)

7. Определить по экспериментальным данным максимальную погрешность обработки:

$$\Delta \max = d_{\max} - d_{\min}$$

8. Определить аналитически силу резания.

9. Рассчитать аналитически $f_{\max}$, $\Delta \max = 2 f_{\max}$.

10. Сделать сравнение опытных и теоретических результатов определения погрешности.

Содержание отчета по лабораторной работе.

1. Эскизы двух способов установки заготовки.

2. Расчет режимов обработки и радиальной составляющей силы резания.

3. Определение расчетных величин прогибов и погрешностей обработки.

4. Результаты измерения и сопоставление опытных и расчетных данных.

5. Выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВАЛ»

Цель работы: освоить основы разработки технологического процесса изготовления детали типа вал.

Изготовление деталей, относящихся к определенному классу, происходит по общим технологическим маршрутам, определяющим состав и последовательность операций по обработке поверхностей, применяемое технологическое оборудование, приспособления и инструмент. Ниже рассматриваются типовые технологические маршруты изготовления рассматриваемых основных деталей машин.

Технологические маршруты изготовления валов

В условиях мелкосерийного производства для изготовления ступенчатого вала длиной L = 350 мм и диаметром Φ 55мм в качестве заготовки будет выбран горячекатаный пруток, который предварительно разрезают на части, а обработку вала бу-

дут выполнять по маршруту, представленному в таблице.

Таблица 7

Технологический маршрут изготовления ступенчатого вала в мелкосерийном производстве

№	Операция	Базирование	Оборудование
1	Отрезка заготовки от прутка.	В тисках по цилинд- рической поверхности прутка и по торцу	Отрезной станок
2	Подрезка терцев и зацентровка вала с обеих сторон (с переустановкой).	В патроне по цилинд- рической поверхности прутка и по торцу	Токарно-ревальверный станок
3	Черновая токарная обработка вала по ступеням с обеих сторон	В центрах и по торцу (с переустановкой).	Токарно-винторезный станок
4	Чистовая токарная обработка вала с обеих сторон, снятие фасок , прорезка канавок, нарезание наружной резьбы	В центрах и по торцу (с переустановкой).	Токарно-винторезный станок
5	Фрезерование шпоночных пазов	В призмах по цилинд- рической поверхности вала и по торцу	универсальный вертикально-фрезерный станок
6	Слесарная операция – снятие заусенцев, притупление острых кромок	В тисках по цилинд- рической поверхности	
7	Термообработка – закалка отдельных ступеней вала	В центрах и по торцу.	Установка ТВЧ
8	Шлифование закаленных ступеней и торцов вала	В центрах и по торцу	Кругло-шлифовальный станок
9	Промывка и контроль		Моечная ванна

При наличии на валике отверстий, расположенных перпендикулярно к его оси в технологическом маршруте предусматривают сверлильную операцию, которую выполняют после чистовой токарной обработки. Операцию выполняют на вертикально-сверлильном станке при базировании вала по цилиндрической поверхности в призмах.

В крупносерийном производстве для изготовления вала (материал ст. 45 ГОСТ 1050) длиной L = 420 мм и диаметром $Ф$ 62 мм, у которого на отдельных ступенях имеется наружная резьба и шлицевые пазы, будет использована штучная заготовка – штамповка, а изготовление вала будет выполняться по маршруту, приведенному в табл. 8.

Таблица 8

Технологический маршрут изготовления ступенчатого вала в крупносерийном производстве

№	Операция	Базирование	Оборудование
1	Одновременное фрезерование двух торцов и зацентровка заготовки с обеих сторон.	В тисках по цилинд- рической поверхности штамповки и по торцу.	Фрезерно-центровальный полуавтомат.
2	Черновая токарная обработка вала по контуру с обеих сторон (с переустановкой).	В самозажимном патроне в центрах и по торцу.	Токарный гидрокопиро-вальный полуавтомат.
3	Чистовая токарная обработка вала с обеих сторон, снятие фасок , прорезание канавок (с переустановкой).	В самозажимном патроне в центрах и по торцу.	Токарный гидрокопиро-вальный полуавтомат.
4	Нарезание наружной резьбы с использованием резьбонарезной головки	В центрах и по торцу	Резьбонарезной станок
5	Фрезерование шпоночных пазов	В центрах и по торцу	Шпоночно-фрезерный полуавтомат

Продолжение таблицы 8

6	Фрезерование шлицевых пазов	В центрах и по торцу	Шлице-фрезерный полуавтомат
7	Слесарная операция – снятие заусенцев, притупление острых кромок	В тисках по цилинд- рической поверхности	
8	Термообработка – закалка отдельных ступеней вала и шлицевых поверхностей	В центрах и по торцу	Установка ТВЧ
9	Шлифование закаленных ступеней и торцов вала	В центрах и по торцу	Кругло-шлифовальный станок
10	Шлифование шлицев	В центрах и по торцу	Шлице-шлифовальный полуавтомат
11	Промывка и контроль		Моечная ванна

Нарезание шлицев на валах можно осуществить также на горизонтальных универсально-фрезерных станках с помощью двух профильных фрез и делительной головки, обеспечивающей поворот вала на угол между шлицами. На валах, стериал которых склонен к пластическому деформированию, шлицы с эвольвентной боковой поверхностью можно получить путем холодного накатывания с помощью реек, роликов или многороликовых головок. Получаемое при этом упрочнение поверхностного слоя повышает на 10…20% прочность шлицев на скручивание, что позволяет в ряде случаев склюючить необходимость выполнения закалки шлицевых поверхностей.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.

2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

Таблица 9

Разработка технологического процесса изготовления детали типа вал

№	Содержание технологической операции	Технологический эскиз с указанием схемы базирования	Оборудование, приспособление и инструмент
1			
…			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВТУЛКА»

Цель работы: освоить основы разработки технологического процесса изготовления детали типа втулка.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

Таблица 10

Разработка технологического процесса изготовления детали втулка

№	Содержание технологической операции	Технологический эскиз с указанием схемы базирования	Оборудование, приспособление и инструмент
1			
…			

Также в качестве примера приведен технологический маршрут изготовления цилиндрического зубчатого колеса со ступицей в серийном производстве

В серийном производстве цилиндрическое, закаливаемого зубчатое колесо со ступицей диаметром Φ 85 мм и длиной L = 160 мм, (материал сталь 45, заготовка штамповка, степень точности 8-*Ва* ГОСТ 1643-81) изготавливают по маршруту, представленному в табл. 11.

Технологический маршрут изготовления цилиндрического зубчатого колеса со ступицей в серийном производстве (m = 3 мм, степень точности 8-*Ва* ГОСТ 1643-81)

В единичном и мелкосерийном производстве нарезание зубьев можно выполнять на универсально-фрезерных станках по методу копирования с использованием модульных дисковых или пальцевых фрез и делительной головки для поворота колеса на шаг. Нарезание зубьев можно выполнять также на зубодолбежных станках; для двух или трехвенцовых зубчатых колес при расстоянии между венцами 5…10 мм этот метод в ряде случаев оказывается единственно возможным.

Таблица 11

№	Операция	Базирование	Оборудование
1	Обрубка и зачистка заготовки	В тисках	Приспособление с абразивным круг.
2	Предварительная токарная обработка с одной стороны, зенкерование базового отверстия.	В 3-х кулачковом патроне	Токарно-револьверный полуавтомат
3	Предварительная токарная обработка с другой стороны, чистовая расточка базового отверстия	В 3-х кулачковом патроне	Токарно-револьверный полуавтомат
4	Протягивание шлицевого отверстия комбинированной протяжкой	По протяжке и торцу	Вертикально-протяжный станок
5	Чистовая токарная обработка по контуру колеса с базированием по шлицевому отверстию и торцу на оправке	По отверстию на оправке	Токарно-револьверный полуавтомат
6	Слесарная-зачистка заусенцев, контроль.	В тисках	Стенд
7	Фрезерование зубчатого венца (достижение восьмой степень точности) колеса)	По отверстию на оправке	Зубо-фрезерный полуавтомат
8	Зубозакругление торцевых поверхностей зубьев по периметру зубчатого венца	По отверстию на оправке	Полуавтомат для закругления зубьев
9	Термообработка – закалка зубчатого венца и базового отверстия		Установка ТВЧ
10	Окончательная обработка базового отверстия и торца шлифованием с базированием по зубчатому венцу колеса.	По торцу и зубчатому венцу	Внутри шлифовальный станок
11	Окончательная обработка зубчатого венца шлифованием с базированием на оправке по шлицевому отверстию и торцу колеса.	По отверстию на оправке	Зубо-шлифовальный станок
12	Промывка и контроль на стенде		Моечная ванна.

При изготовлении незакаленных зубчатых колес закалка зубчатого венца и базового отверстия не выполняется, а для отделки зубчатого венца применяют операцию зубошевингования.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «КОРПУС»

Цель работы: освоить основы разработки технологического процесса изготовления детали типа корпус.

В качестве заготовок для изготовления корпусных деталей коробчатой формы с главными отверстиями под подшипники на боковых стенках применяют отливки из серого чугуна (в серийном производстве) и сварные заготовки из листовой стали (в мелкосерийном и единичном производстве

Ниже в табл. 12 представлен технологический маршрут изготовления корпусной детали в серийном производстве с использованием заготовки отливки.

Таблица 12

Технологический маршрут изготовления корпусной детали в серийном производстве

№	Операция	Базирование	Оборудование
1	Черновая и чистовая обработка наружных плоскостей или плоскости для двух базовых отверстий, используемых в качестве технологических баз на последующих операциях.	В приспособлении по 3-м плоскостям или по главному отверстию и двум опорным базам.	Продольно-фрезерный станок
2	Сверление и развертывание на полученной плоскости 2-х базовых отверстий.	По трем плоскостям.	Радиально-сверлильный станок

3	Предварительная обработка фрезерованием остальных наружных поверхностей.	Базирование по созданным базам - по плоскости и двум базовым отверстиям.	Продольно-фрезерный станок
4	Предварительная обработка (зенкерование, расточка) главных отверстий.	Базирование по плоскости и двум базовым отверстиям	Горизонтально-расточной станок

Продолжение таблицы 12

5	Слесарная операция – снятие заусенцев, притупление острых кромок	Базирование по трем плоскостям	Приспособление с абразивным кругом
6	Естественное или искусственное старение для выравнивания внутренних напряжений после снятия с обрабатываемых поверхностей основного припуска		
7	Чистовая обработка фрезерованием наружных поверхностей	Базирование по плоскости и двум базовым отверстиям	Продольно-фрезерный станок
8	Чистовая обработка (расточка, развертывание) главных отверстий.	Базирование по плоскости и двум базовым отверстиям	Горизонтально-расточной станок
9	Обработка мелких и многочисленных резьбовых отверстий (сверление, зенкерование, нарезание внутренней резьбы метчиками)	Базирование по плоскости и двум базовым отверстиям	Расточной или радиально-сверлильный станок
10	Отделка наружных поверхностей шлифованием	Базирование по плоскости и двум базовым отверстиям	Плоскошлифовальный станок
11	Отделка поверхностей главных отверстий шлифованием	Базирование по плоскости и двум базовым отверстиям	Планетарношлифовальный станок
12	Промывка и контроль		Моечная ванна, стенд.

В крупносерийном и массовом производстве корпусные

детали изготавливают на высокопроизводительных многопозиционных станках полуавтоматах агрегатного типа или на автоматических линиях, составленных из агрегатных станков.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

Таблица 13

Разработка технологического процесса изготовления детали типа корпус

№	Содержание технологической операции	Технологический эскиз с указанием схемы базирования	Оборудование, приспособление и инструмент

1			
…			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить устройство токарно-винторезного станка, конструкцию проходного токарного резца, типы режущего инструмента для токарной обработки, схемы обработки заготовок на токарно-винторезном станке, применяемые приспособления.

На станках токарной группы обрабатывают детали типа валов, дисков и втулок, осуществляя обтачивание наружных цилиндрических поверхностей, торцов и уступов, прорезание канавок и отрезку, растачивание отверстий (цилиндрических, конических и фасонных), обтачивание конических и фасонных поверхностей, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание наружной и внутренней резьбы резцом, нарезание резьбы метчиком и плашкой, вихревое нарезание резьбы, накатывание рифленых поверхностей.

Главным движением, определяющим скорость резания, является вращение шпинделя, несущего заготовку. Движением, определяющим величины продольных и поперечных подач, является движение суппорта, в котором закрепляют резцы, а при обработке концевым инструментом движение подачи получает задняя бабка станка.

Схемы обработки заготовок на токарно-винторезных станках различными типами инструмента

Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей выполняют прямыми, отогнутыми или упорными проходными резцами с продольной подачей (рис. 5, *а*); гладкие валы, — при установке заготовки на центрах. Вначале обтачивают один конец заготовки, а затем ее поворачивают на 180° и обтачивают остальную часть.

Ступенчатые валы обтачивают по схемам деления припуска на части (рис. 5, *б*) или деления длины заготовки на части (рис. 5, *в*). В первом случае обрабатывают заготовки с меньшей глубиной резания, однако общий путь резца получается большим и резко возрастает T_o. Во втором случае припуск с каждой ступени срезается сразу за счет обработки заготовки с большой глубиной резания. При этом T_o уменьшается, но требуется большая мощность привода станка.

Нежесткие валы рекомендуется обрабатывать упорными, проходными резцами, с главным углом в плане $\varphi = 90°$. При обработке заготовок валов такими резцами радиальная составляющая силы резания $P_y = 0$, что снижает деформацию заготовок.

Подрезание торцов заготовки выполняют перед обтачиванием наружных поверхностей. Торцы подрезают подрезными резцами с поперечной подачей к центру (рис. 5, *г*) или от центра заготовки. При подрезании от центра к периферии поверхность торца получается менее шероховатой. Обтачивание округлений между ступенями валов (рис. 5, *д*) выполняют проходными резцами с закруглением между режущими кромками по соответствующему радиусу с продольной подачей или специальными резцами с поперечной подачей.

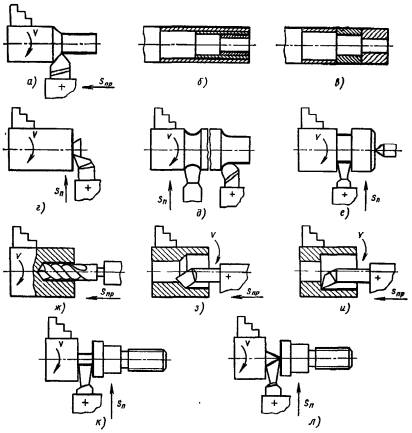

Рис. 5. Схемы обработки заготовок
на токарно-винторезном станке

Протачивание канавок (рис. 5, *е*) выполняют с поперечной подачей прорезными резцами, у которых длина главной режущей кромки равна ширине протачиваемой канавки. Широкие канавки протачивают теми же резцами сначала с поперечной, а затем с продольной подачей.

Сверление, зенкерование и развертывание отверстий выполняют соответствующими инструментами, закрепляемыми в пиноли задней бабки. На рис. 5, *ж* показана схема сверления в заготовке цилиндрического отверстия.

Растачивание внутренних цилиндрических поверхностей выполняют расточными резцами, закрепленными в резцедержателе станка, с продольной подачей. Гладкие сквозные отверстия растачивают проходными резцами (рис. 5, *з*); ступенчатые и глухие — упорными расточными резцами (рис. 5, *и*).

Отрезку обработанных деталей выполняют отрезными резцами с поперечной подачей. При отрезке детали резцом с прямой главной режущей кромкой (рис. 5, *к*) разрушается образующаяся шейка и приходится дополнительно подрезать торец готовой детали. При отрезке детали резцом с наклонной

режущей кромкой (рис. 5, *л*) торец получается чистым.

Обтачивание наружных конических поверхностей заготовок осуществляют на токарно-винторезных станках одним из следующих способов.

1. Широкими токарными резцами. Обтачивают короткие конические поверхности с длиной образующей до 30 мм токарными проходными резцами, у которых главный угол в плане равен половине угла при вершине обтачиваемой конической поверхности.

2. Поворотом каретки верхнего суппорта (короткие конические поверхности).

3. Смещением корпуса задней бабки в поперечном направлении. Обрабатываемую заготовку устанавливают на шариковые центры. При этом ось вращения заготовки располагается под углом к линии центров станка, а образующая конической поверхности — параллельно линии центров станка. Обтачивают с продольной подачей резца длинные конические поверхности с небольшим углом конуса при вершине ($2\alpha \leq 8°$)

4. С помощью конусной линейки, которую закрепляют на кронштейнах на станине станка. Обтачивают длинные конические поверхности с углом при вершине конуса до 30…40°.

Обтачивание внутренних конических поверхностей выполняют широким резцом, поворотом каретки верхнего суппорта, с конусной линейкой. Часто внутренние конические поверхности обрабатывают специальными коническими зенкерами.

Нарезание резьбы на токарно-винторезных станках выполняют резцами, метчиками и плашками. Форма режущих кромок резцов определяется профилем и размерами поперечного сечения нарезаемых резьб.

На токарно-винторезных станках нарезают метрические, дюймовые, модульные и специальные резьбы. Нарезание многозаходных резьб на токарно-винторезном станке требует точного углового деления обрабатываемой заготовки при переходе от одной нитки нарезаемой резьбы к другой.

Приспособления для токарных станков.

К наиболее распространенным приспособлениям токарных станков следует отнести патроны, центры, оправки, люнеты, хомутики. Патроны применяют для закрепления деталей, у которых $L/d \leq 4$,

где L — длина; d — диаметр детали. Патроном осуществляют базирование деталей по наружному, внутреннему диаметру и торцу. Применяют кулачковые, поводковые и цанговые патроны.

Центры предназначены для поддержания при обработке заготовок с соотношением $L/d > 4$ и бывают неподвижные — для обработки легких и средних деталей и вращающиеся — для тяжелых деталей.

Оправки предназначены для закрепления деталей с соотношением $L/d = 1{,}5 \div 2$ с базированием на предварительно обработанное отверстие и применяются при чистовой обработке наружных поверхностей.

Люнеты предназначены для создания дополнительной опоры при обработке длинных валов с целью предотвращения прогиба вала под действием сил резания и зажима и применяются при обработке валов с соотношением $L/d > 10$. Люнеты бывают неподвижные, устанавливаемые на станине, и подвижные, устанавливаемые на каретке станка.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись для изготовлении данной детали. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась обработка.

Содержание отчета по лабораторной работе.

1. Краткое описание принципа работы и назначения станков токарной группы.
2. Схемы обработки заготовок на токарно-винторезном станке.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить принципы обработки заготовок на сверлильных станках; устройство вертикально-сверлильного станка; виды осевых инструментов.

Для обработки отверстий в заготовках, полученных при литье, штамповке, либо для получения отверстий (сквозных или глухих) в сплошном материале применяют разнообразные инструменты, которые часто называют осевыми вследствие совпадения их оси в процессе обработки с осью отверстия. Наиболее широко применяется обработка отверстий такими осевыми инструментами, как сверла, зенкеры и развертки.

Сверлами работают на всех станках токарной и сверлильно-расточной группы, на многооперационных станках и станках с ЧПУ, на агрегатных станках и автоматических линиях, а также при использовании ручных сверлильных машин с пневматическим или электрическим двигателем.

Схемы обработки заготовок на вертикально-сверлильных станках

Сверление сквозного отверстия показано на рис. 6, *а*. Режущим инструментом служит спиральное сверло. В зависимости от требуемой точности, и величины партии обрабатываемых заготовок отверстия сверлят в кондукторе или по разметке.

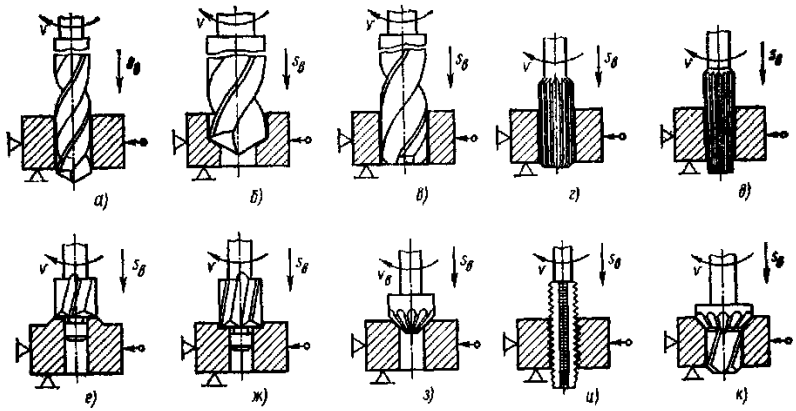

Рис. 6. Схемы обработки заготовок
на вертикально-сверлильных станках

Рассверливание — процесс увеличения диаметра ранее просверленного отверстия сверлом большего диаметра (рис. 6, *б*). Диаметр отверстия под рассверливание выбирают так, чтобы поперечная режущая кромка в работе не участвовала. В этом случае осевая сила уменьшается.

Зенкерование — обработка предварительно полученных отверстий для придания им более правильной геометрической формы, повышения точности и снижения шероховатости многолезвийным режущим инструментом — зенкером (рис. 6, *в*).

Развертывание — окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой (обычно после зенкерования) в целях получения высокой точности и малой шероховатости обработанной поверхности (рис. 6, *г*, *д*).

Цекование — обработка торцовой поверхности отверстия торцовым зенкером для достижения перпендикулярности плоской торцовой поверхности к его оси (рис. 6, *е*).

Зенкованием получают в имеющихся отверстиях цилиндрические или конические углубления под головки винтов, болтов, заклепок и других деталей. На рис. 6, *ж*, *з* показано зенкование цилиндрического углубления цилиндрическим зенкером (зенковкой) и конического углубления коническим

зенкером.

Нарезание резьбы — получение на внутренней цилиндрической поверхности с помощью метчика винтовой канавки (рис. 6, *и*).

Отверстия сложного профиля обрабатывают с помощью комбинированного режущего инструмента. На рис. 6, *к* показан комбинированный зенкер для обработки двух поверхностей: цилиндрической и конической.

Сверление глубоких отверстий (длина отверстия больше пяти диаметров) производят на специальных горизонтально-сверлильных станках. При обработке глубоких отверстий спиральными сверлами происходит увод сверла и «разбивание» отверстия: затрудняются подвод смазочно-охлаждающей жидкости и отвод стружки. Поэтому для сверления глубоких отверстий применяют сверла специальной конструкции. Смазочно-охлаждающая жидкость подается в зону резания и вымывает стружку через внутренний канал сверла.

Наладка станка

Обрабатываемую заготовку в зависимости от ее профиля устанавливают и крепят на столе станка, либо закрепляют в тисках, а тиски закрепляют на столе. В соответствии с выполняемой на станке операцией подбирают и устанавливают в шпиндель вспомогательный и режущий инструмент. Режущие инструменты на сверлильных станках закрепляются непосредственно в коническом отверстии шпинделя. Если же режущий инструмент имеет конический хвостовик малых размеров, тогда необходимо пользоваться переходными коническими втулками.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись для изготовлении данной дета-

ли. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась обработка.

Содержание отчета по лабораторной работе.

1. Краткое описание принципа работы и назначения станков сверлильной группы.

2. Схемы обработки заготовок на сверлильном станке.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить устройство горизонтально-фрезерного и вертикально-фрезерного станков, типы фрез, схемы обработки заготовок на фрезерных станках, применяемые приспособления.

Фрезерование — один из высокопроизводительных и распространенных методов обработки поверхностей заготовок многолезвийным режущим инструментом — фрезой.

Технологический метод формообразования поверхностей фрезерованием характеризуется главным вращательным движением инструмента и обычно поступательным движением подачи. Подачей может быть и вращательное движение заготовки вокруг оси вращающегося стола или барабана (карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки).

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля. Особенность процесса фрезерования — прерывистость резания каждым зубом фрезы. Зуб фрезы находится в контакте с заготовкой и выполняет работу резания только на некоторой части оборота, а затем продолжает движение, не касаясь заготовки, до следующего врезания.

Схемы фрезерования поверхностей

На рис. 7 показаны схемы фрезерования поверхностей на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. Движения, участвующие в формообразовании поверхностей в процессе резания, на схемах указаны стрелками.

Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках цилиндрическими фрезами (рис. 7, *а*) и на вертикально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 7, *б*). Цилиндрическими фрезами целесообразно обрабатывать горизонтальные плоскости шириной до 120 мм. В большинстве случаев плоскости удобнее обрабатывать торцовыми фрезами вследствие большей жесткости их крепления в шпинделе и более плавной работы, так как число одновременно работающих зубьев торцовой фрезы больше числа зубьев цилиндрической фрезы.

Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 7, *в*) и торцовыми фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами (рис. 7, *г*). Наклонные плоскости и скосы фрезеруют торцовыми (рис. 7, *д*) и концевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках, у которых фрезерная головка со шпинделем поворачивается в вертикальной плоскости. Скосы фрезеруют на горизонтально-фрезерном станке одноугловой фрезой (рис. 7, *е*). Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис. 7, *ж*) на горизонтально-фрезерных станках. Точность взаиморасположения обработанных поверхностей зависит от жесткости крепления фрез по длине оправки. С этой целью применяют дополнительные опоры (подвески), избегают использования несоразмерных по диаметру фрез (рекомендуемое отношение диаметра фрез не более 1,5). Уступы и прямоугольные пазы фрезеруют концевыми (рис. 7, *з*) и дисковыми (рис. 7, *и*) фрезами на вертикально- и горизонтально-фрезерных станках. Уступы и пазы целесообразнее фрезеровать дисковыми фрезами, так как они имеют большее число зубьев и допускают работу с большими скоростями резания. Фасонные пазы фрезеруют фасонной диско-

вой фрезой (рис. 7, *к*), угловые пазы — одноугловой и двухугловой (рис. 7, *л*) фрезами на горизонтально-фрезерных станках. Паз клиновой фрезеруют на вертикально-фрезерном станке за два прохода: прямоугольный паз — концевой фрезой, затем скосы паза — концевой одноугловой фрезой (рис. 7, *м*). Т-образные пазы (рис. 7, *н*), которые широко применяют в машиностроении как станочные пазы, например на столах фрезерных станков, фрезеруют обычно за два прохода: вначале паз прямоугольного профиля концевой фрезой, затем нижнюю часть паза — фрезой для Т-образных пазов.

Шпоночные пазы фрезеруют концевыми или шпоночными (рис. 7, *о*) фрезами на вертикально-фрезерных станках. Точность получения шпоночного паза — важное условие при фрезеровании, так как от нее зависит характер посадки на шпонку сопрягаемых с валом деталей. Фрезерование шпоночной фрезой обеспечивает получение более точного паза; при переточке по торцовым зубьям диаметр шпоночной фрезы практически не изменяется.

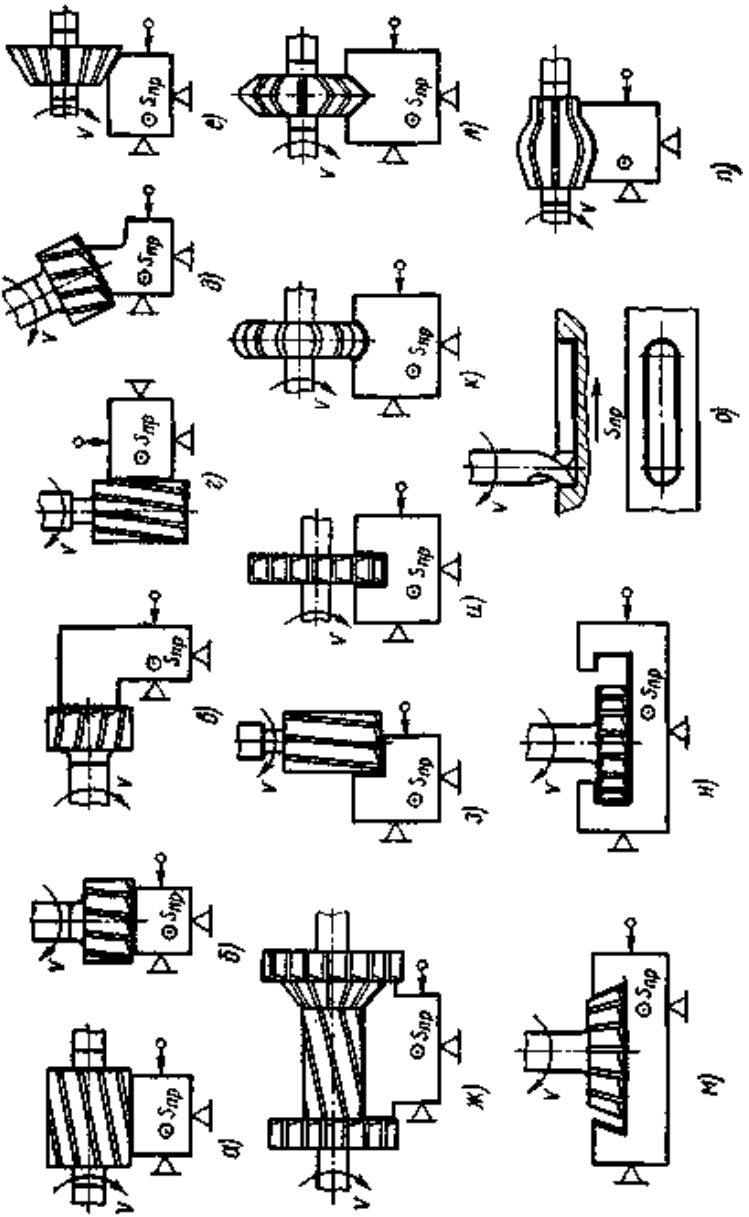

Рис. 7. Схемы обработки заготовок на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках

Фасонные поверхности незамкнутого контура с криво-

линейной образующей и прямолинейной направляющей фрезеруют на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках фасонными фрезами соответствующего профиля (рис. 7, *п*).

Применение фасонных фрез эффективно при обработке узких и длинных фасонных поверхностей. Широкие профили обрабатывают набором фасонных фрез.

Фрезерование цилиндрических зубчатых колес на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках может проводиться методом копирования.

Копирование — метод, основанный на профилировании, например, зубьев фасонным инструментом, профиль режущей части которого соответствует профилю впадины нарезаемого зубчатого колеса. По методу копирования зубчатые колеса нарезают дисковой модульной фрезой на горизонтально- или универсально-фрезерных станках (рис. 8, *а*) и концевой модульной фрезой на вертикально-фрезерных станках (рис. 8, *б*) последовательно по одной впадине с использованием делительной головки. Концевыми фрезами нарезают зубчатые колеса больших модулей и шевронные колеса.

Метод копирования не обеспечивает высокой точности и имеет сравнительно низкую производительность.

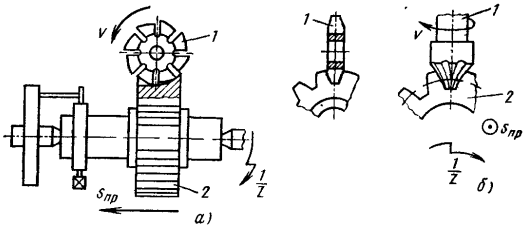

Рис. 8. Схемы фрезерования зубьев по методу копирования:1 — фреза; 2 — нарезаемое колесо

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.

2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали

3. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись для изготовлении данной детали. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась обработка.

Содержание отчета по лабораторной работе.

1. Краткое описание принципа работы и назначения станков фрезерной группы.

2. Схемы обработки заготовок на фрезерном станке.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Цель работы**:** изучение процесса шлифования металлов: изучение устройства шлифовального станка, видов выполняемых работ и приспособлений.

Шлифованием называется процесс формообразования, при котором снятие стружки осуществляется абразивным инструментом. Наиболее распространенной формой абразивного инструмента является круг, который в процессе снятия стружки совершает вращательное движение.

При шлифовании происходят физические явления, характерные для любого процесса снятия стружки: наклеп и нагрев обрабатываемой поверхности, нагрев инструмента и стружки, усадка стружки, упругая и пластическая деформация, трение между инструментом и поверхностью резания, вибрации в зоне обработки.

Однако значительное отличие абразивного инструмента от лезвийного приводит к определенным физическим и технологическим особенностям процесса шлифования. По этой же

причине изменяется область применения шлифования. Такой процесс обеспечивает изготовление деталей с высоким, (максимально достижимыми и экономически целесообразными) показателями точности и чистоты обработанной поверхности. После шлифования детали поступают на сборочные операций, т. е. процесс шлифования является окончательной (финишной) операцией. Следовательно, от качества шлифования зависит прочность изготовленной детали и надежность машины или химического аппарата.

Конструктивное отличие абразивного инструмента – шлифовального круга – от лезвийного позволяет применять этот процесс при обработке металлов (материалов) любой твердости, т. е. даже после закалки (термической обработки, позволяющей получить структуру металла с максимальной твердостью). Известно, что весь режущий лезвийный инструмент (резцы, фрезы, сверла, ножи) после закалки подвергается заточке именно абразивным инструментом.

Форма и размеры шлифовальных кругов, закрепляемые на шпинделе станка, зависят от вида выполняемой работы и технических данных станка (рис. 9). Для наружного шлифования и заточки резцов применяются круги плоские прямого профиля (условное обозначение – ПП) с размерами D = 3 - 1100 мм, d = 1 – 305 мм; В = 6 – 20 мм (рис.9 а). Круги плоские с двусторонним коническим профилем – 2 П (рис. 9 б) и плоские конические с односторонним профилем – 4 П (рис. 9 в) применяются для шлифования резьбы, впадин зубчатых колес и т. п. Круги плоские с выточкой – ПВ (рис. 9 г) удобны для шлифования торцевых поверхностей. Круги в виде тонких дисков – « Д» (рис. 9 д) применяются для отрезных работ и шлифования прорезей; толщина таких кругов находится в пределах 0.5-4 мм, диаметр 80-500 мм. Круги в виде колец – К (рис. 9 е), в виде чашки цилиндрической – 4 Ц (рис. 9 ж) или в виде чашки конической – 4 К (рис. 9 з) применяются для заточки режущего инструмента, при шлифовании плоских деталей; при этом шлифование осуществляется торцевой поверхностью таких кругов.

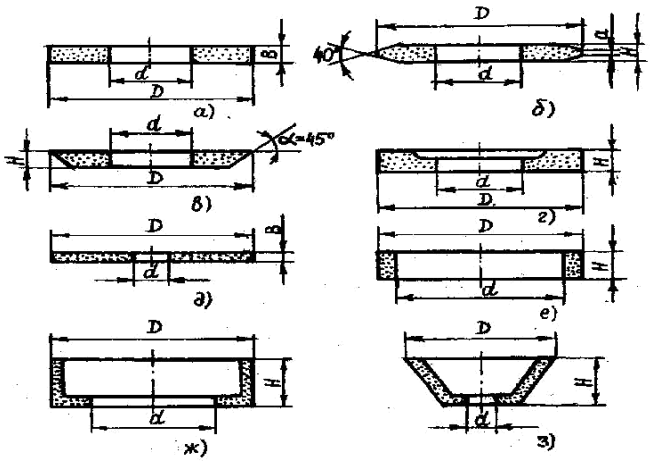

Рис. 9. Шлифовальные круги

Кроме формы и размеров абразивные круги характеризуются следующими элементами: видом (маркой) абразивного материала, из которого получены абразивные зерна; средним размером этих зерен (зернистостью); видом связующего материала – связкой; твердостью круга; структурой круга; допустимой скоростью вращения круга. Абразивный материал представляет собой искусственные или естественные (природные) кристаллы и минералы. Искусственный материал получают в виде застывшего расплава после высокой температуры (электрокорунд, карборунд, карбид бора). Из естественных абразивов применяют наждак, корунд, природный алмаз, добываемые из природных месторождений. После размола в шаровых мельницах и просеивания получают зерна абразивного материала с размерами от 3.5 до 2500 мкм, отличительной особенностью которых является наличие острых углов, высокой твердости и теплостойкости. По твердости круги делятся на восемь классов, в пределах которых имеются две или три степени твердости (табл. 14). Классы и степени твердости абразивных кругов (ГОСТ 37-51-59).

Структура абразивного круга характеризует количе-

ственное соотношение между объемами зерна, связки и пор (пустот) в единице его объема. Структуру круга обозначают номерами от 0 до 18. Различная плотность расположения зерен достигается путем изменения давления при прессовании кругов.

Таблица 14

№ п/п	Класс твердости.	Степень твердости.
1	Весьма мягкий	ВМ; ВМ2
2	Мягкий	М1; М2; М3
3	Среднемягкий	СМ1; СМ2
4	Средний	С1; С2
5	Среднетвердый	СТ1; СТ2; СТ3
6	Твердый	Т1; Т2
7	Весьма твердый	ВТ1; ВТ2
8	Чрезвычайно твердый	ЧТ1; ЧТ2

Чем больше номер структуры, тем больший объем занимают поры. Наличие пор в абразивном круге необходимо для удаления стружки из зоны шлифования. В настоящее время структуры делят (условно) на следующие группы: плотные, среднеплотные, открытые и высокопористые. Круги с плотной структурой (№ 1, 2, 3) применяют при шлифовании твердых и хрупких материалов, когда требуется высокая чистота обработанной поверхности. Такие круги содержат в единице объема до 60% зерен. Среднеплотные структуры (№ 4, 5, 6, 7) применяют для шлифования мягких металлов; в них содержится до 50% зерен. Открытые (№ 8, 9, 10, 11, 12) и высокопористые (№ 13, 14, 15, 16, 17, 18) круги применяют для скоростного шлифования; в них содержится около 40% зерен. Высокопористые круги (количество зерен менее 38%) захватывают при вращении воздух, тем самым уменьшая нагрев обрабатываемой детали и повышая стойкость круга. При обычном шлифовании часто выбирают круги со структурой № 5-6; для заточки инструмента из стали - №13-15; для шлифования твердого сплава - № 14-16.

Допустимая скорость круга является важнейшей харак-

теристикой безопасной работы. Она указывается непосредственно на круге и в его техническом описании. Для обычных абразивных кругов она составляет 35 м/с: для скоростных кругов может достигать 60 м/с.

ПП 450 х 25 х 127 24А 40 С27 К6 35 м/с. Здесь ПП - круг плоский прямой формы; 450 – наружный диаметр круга, мм; 25 – высота (толщина) круга, мм; 127 – внутренний диаметр круга, мм; 24А – марка материала абразивного зерна электрокорунда белого; 40 – номер зернистости зерна (около 400 мкм); С2 – степень твердости круга, средний, второй; 7 – номер структуры круга (зерна составляют до 50% объема круга); К6 – вид связки – керамическая 6-й разновидности.

Особенности процесса резания при шлифовании.

Принципиальная схема процесса резания абразивным кругом 1 представлена на рис.10. Стружка 2 при шлифовании образуется путем резания материала заготовки 3 отдельным выступающим зерном 4. Такое зерно можно представить как миниатюрный резец или зубья фрезы, у которых передний угол заточки имеет отрицательное значение, т. е. угол γ – отрицательный. Известно, что при снятии стружки режущим инструментом с таким углом заточки возрастают силы резания и выделения теплоты.

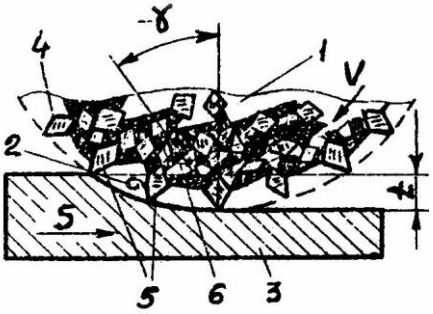

Рис. 10. Принципиальная схема процесса резания абразивный кругом

По сравнению с точением изменяется соотношение между составляющими силами резания: радиальная составля-

ющая Ру всегда больше тангенциальной Pz в 1.5-3 раза. Этим объясняется сравнительно высокая производительность шлифования. Обработанная поверхность представляет собой совокупность микросследов абразивных зерен и имеет малую шероховатость. Из-за отрицательных передних углов резания абразивные зерна оказывают на обрабатываемую заготовку существенное силовое воздействие. Возникают такие же явления как и при обработке лезвийным режущим инструментом: упругая и пластическая деформация, тепловыделение, наклеп и износ. Однако из-за малой толщины среза и скругления вершины (из-за износа) перед врезанием зерна в материал наблюдается сильное скольжение зерен о поверхность резания. Это усиливает тепловыделение, а низкая теплопроводность абразивного круга (по сравнению с металлом)способствует интенсивному нагреву как поверхности резания, так и стружки . Чрезмерный нагрев поверхности резания приводит к термическим превращениям в поверхностном слое детали. В отдельных случаях вследствие чрезмерного нагрева на шлифуемой поверхности могут возникнуть следы окисления зерен металла прижоги и трещины (из-за значительных изменений в объеме структурных составляющих при их термических превращениях). Соблюдение рекомендованных режимов шлифования полностью исключает появление таких дефектов. При правильном выбранном круге связка должна надежно удерживать зерна лишь до момента их затупления. Как только зерна затупились, произойдет увеличение усилия резания и давления на зерно. В результате связка вокруг него должна разрушиться и зерно выкрошиться и удалиться центробежной силой. Вместо этих зерен на поверхности круга обнажаются новые зерна с острыми краями. Следовательно, чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче («слабее») должна быть связка, чтобы затупившиеся зерна выкрашивались беспрепятственно. Такое обновление затупившихся зерен называется самозатачиваемостью. Расход шлифовальных кругов в этом случае характеризуется коэффициентом шлифования, который представляет собой отношение объема снятого металла к объему шлифо-

вального круга. В зависимости от шлифуемого материала и характеристики круга коэффициент шлифования находятся в пределах от 3 до 80 (для высокоуглеродистых закаленных инструментальных сталей марок У7, У8 и т. п. Он равен 3, для конструкционных сталей 80). В случае отсутствия самозатачиваемости круга он теряет свои режущие свойства вследствие затупления шлифующих зерен или забивания пор круга стружкой. Признаки засаливания: появление блестящих пятен на режущей поверхности круга, ухудшение чистоты шлифуемой поверхности, появление прижогов – коричневых пятен, резкое уменьшение производительности. Для восстановления режущих свойств шлифовальные круги подвергают правке – с круга удаляют затупившуюся режущую поверхность. В процессе правки обнажаются новые абразивные острые зерна круга и образуются между ними поры, необходимые для нормального стружкообразования. Кроме этого режущей части круга придается требуемая геометрическая форма. Правка является также обязательной операцией после закрепления круга на шпинделе станка с целью исключения его биения. Правку круга осуществляют специальным инструментом, предназначенным только для этих целей – шарошкой. Шарошка имеет вид стержня, на конце которого закреплен твердый (металлокерамический или алмазный) неподвижный наконечник или вращающийся ролик.

Схема кинематического взаимодействия инструмента с деталью при шлифовании. Кинематическое взаимодействие инструмента с деталью при шлифовании определяются расположением и перемещением вращающегося абразивного круга относительно обрабатываемой поверхности. Обрабатываемая поверхность может иметь форму окружности или плоскости, располагаться снаружи или внутри детали. В зависимости от этого различают несколько видов шлифования: наружное круглое; внутреннее; плоское; специальные виды шлифования (резьбошлифование, зубошлифование, отделочное шлифование).

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись для изготовлении данной детали. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась обработка.

Содержание отчета по лабораторной работе.

1. Краткое описание принципа работы и назначения станков шлифовальной группы.
2. Схемы обработки заготовок на шлифовальном станке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов/ В.А.Тимирязев, А.А. Кутин, А.Г. Схиртладзе. – М.: Издательство МГТУ «Станкин», 2011. – 395с.

2. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроительного производства: учебник для вузов/ Тимирязев В.А., Вороненко В.П., Схиртладзе А.Г. под ред. В.А. Тимирязева. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 448 с. (см. стр.352..375).

3. Авраменко, В. Е. Основы технологии машиностроения: лабораторный практикум / В. Е. Авраменко, Е. Г. Зеленкова. – Красноярск: ПИ СФУ, 2007. – 96 с.

4. Безъязычный В. Ф., Корнеев В. Д., Волков С. А. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие. – Рыбинск: РГАТА, 2008. – 88 с.

5. Лабораторные и практические работы по технологии машиностроения: учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный, В. В. Непомилуев, А. Н. Семенов, и др.; под общ. ред. В. Ф. Безъязычного. — М.: Машиностроение, 2013. — 600 с.: ил.

6. Сборник заданий по технологии машиностроения и примеры их выполнения: Учеб. пособие / Ю. Н. Полянчиков, А. Г. Схиртладзе, А. Н. Воронцова, С. И. Кормилицин, В. А. Солодков, М. Ю. Полянчикова, Д. В. Крайнев, А. А. Емельяненко. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. – 126 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 1
Лабораторная работа № 2 5
Лабораторная работа № 3 10
Лабораторная работа № 4 15
Лабораторная работа № 5 20
Лабораторная работа № 6 23
Лабораторная работа № 7 26
Лабораторная работа № 8 30
Лабораторная работа № 9 33
Лабораторная работа № 10 38
Библиографический список 46

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы технологии машиностроения»
для студентов направлений подготовки бакалавров
151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств» (профиль
«Металлообрабатывающие станки и комплексы»)
и 150700.62 «Машиностроение» (профиль
«Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составители:
Яценко Светлана Николаевна
Симонова Юлия Эдуардовна

В авторской редакции

Компьютерный набор Ю.Э. Симоновой

Подписано к изданию 30.09.2015.
Уч. – изд. л. 2,9. «С»

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14