

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов специальности*

*1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 629.114.6
ББК 39.3:39.33-4
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»
«31» марта 2022 г., протокол № 9

Составители: канд. техн. наук, доц. А. С. Мельников;
ст. преподаватель М. Л. Петренко;
ассистент А. А. Мельников

Рецензент канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине
«Техническая эксплуатация автомобилей» предназначены для студентов специ-
альности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» дневной и заоч-
ной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Ответственный за выпуск	О. В. Билык
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 31 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 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

1 Общие положения.....	4
2 Практическое занятие № 1. Разработка технологического процесса изготовления вала.....	5
3 Практическое занятие № 2. Разработка технологического процесса изготовления втулки.....	13
4 Практическое занятие № 3. Разработка технологического процесса изготовления шестерни.....	16
5 Практическое занятие № 4. Разработка технологического процесса изготовления крепежной детали.....	19
6 Практическое занятие № 5. Определение видов изнашивания, предельного зазора в сопряжении и возникающих дефектов деталей.....	22
7 Практическое занятие № 6. Определение маршрутов восстановления детали. Выбор наиболее оптимального маршрута восстановления.....	24
8 Практическое занятие № 7. Техничко-экономический анализ технологического процесса восстановления (изготовления) детали.....	26
9 Практическое занятие № 8. Разработка технологического процесса восстановления корпусной детали.....	28
Список литературы.....	30
Приложение А.....	31
Приложение Б. Технические характеристики станков.....	38
Приложение В. Технические характеристики токарно-фрезерного станка «Энкор Корвет-407».....	39

1 Общие положения

Практические занятия имеют своей целью развитие навыков студентов в разработке технологических процессов изготовления и восстановления различных деталей, используемых в конструкции автомобиля.

В качестве задания студент получает рабочий чертеж детали, являющийся индивидуальным заданием. Отчет по каждому практическому занятию должен содержать следующие разделы:

- цель занятий;
- эскиз детали (при изготовлении детали);
- выбор и эскиз заготовки (при изготовлении детали);
- анализ условий работы детали (при восстановлении детали);
- анализ возникающих дефектов (при восстановлении детали);
- техпроцесс изготовления или восстановления (оформляется в виде таблицы);
- расчет режимов обработки и норм времени на выполнение операций.

В практическом занятии № 1 приведены указания по расчету режимов токарной обработки, сверления, фрезерования. При выполнении последующих практических занятий при расчете режимов обработки необходимо обращаться к указаниям, приведенным в практическом занятии № 1.

2 Практическое занятие № 1. Разработка технологического процесса изготовления вала

2.1 Исходные данные

Исходные данные берутся из таблицы 2.1 согласно заданному преподавателем варианту, рисунки выдаются преподавателем в соответствии с вариантом.

Таблица 2.1 – Варианты заданий к практическому занятию № 1

Вариант	Номер рисунка	Марка стали	Вариант	Номер рисунка	Марка стали
1	2.1	18ХГТ	10	2.9	30ХМА
2	2.2	50Г	11	2.10	35
3	2.3	45	12	2.5	38ХГН
4	2.4	12ХНЗА	13	2.6	35ХМ
5	2.5	40Х	14	2.1	45Г
6	2.6	15ХМ	15	2.2	38ХА
7	2.7	15ХГФ	16	2.3	30Г2
8	2.8	30	17	2.4	40ХФА
9	2.11	50Г	18	2.12	18ХГТ

2.2 Выбор заготовки

В качестве заготовок для всех вариантов валов следует выбирать горячекатаный круглый прокат, характеристики проката (размеры и допускаемые отклонения) приведены в таблице А.2.

Длину заготовки следует выбирать исходя из способа резки (точность резки заготовок приведена в таблице А.27). При выполнении работы необходимо привести эскиз заготовки, на котором указать контур детали, а также слои материала, снимаемые при обработке, с указанием наименования обработки. Пример схемы токарной обработки детали приведен на рисунке 2.1.

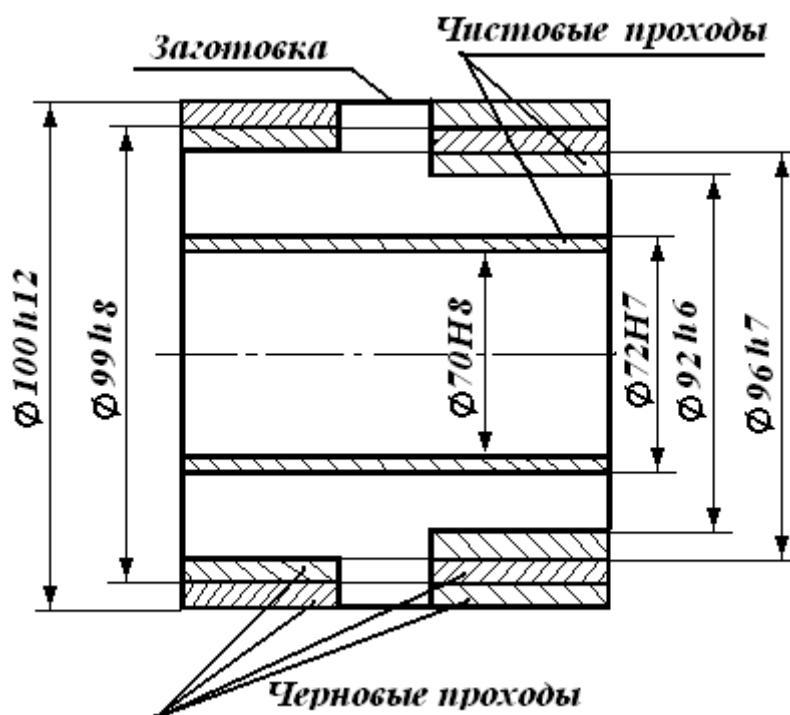


Рисунок 2.1 – Схема токарной обработки детали

2.3 Техпроцесс изготовления

Разработку техпроцесса изготовления детали необходимо начинать с составления плана обработки детали, используя эскиз заготовки, а также в соответствии с указаниями, приведенными в таблице 2.2.

Разработанный план технологического процесса изготовления вала оформляется в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.2 – Параметры поверхности, получаемые при различных видах обработки

Обработка	Шероховатость Ra , мкм	Точность качества
1 Обтачивание наружных поверхностей:		
обдирочное	100...25	17...15
черновое (однократное)	12,5...6,3	14...12
чистовое	3,2...1,5	9...7
тонкое (алмазное)	0,3...0,4	6
2 Растачивание внутренних поверхностей:		
черновое (однократное)	25...12,5	14...12
чистовое	3,2...1,6	9...8
тонкое (алмазное)	0,8...0,4	7...6
3 Шлифование:		
получистовое	6,3...3,2	11...8
чистовое	1,6...0,8	8...6
тонкое	0,4...0,2	5
4 Сверление и рассверливание	25...12,5	14...12
5 Зенкерование (после сверления)	6,3...3,2	11...10
6 Фрезерование концевой фрезой (однократное)	25...6,3	14...12

Таблица 2.3 – Технологический процесс изготовления вала

Наименование операции и содержание переходов	Модель станка	Режущий инструмент	Технологическая база
05 Токарная <i>Установ А</i>			
1 Подрезка торца		Резец проходной	Наружная поверхность
2 Сверление центрального отверстия		Сверло центровочное	То же
<i>Установ Б</i>			
1 Подрезка торца	16К20	Резец проходной	-//-
2 Сверление центрального отверстия		Сверло центровочное	-//-
<i>Установ В</i>			
1 Черновое точение поверхностей $\varnothing 40$, $\varnothing 64$		Резец проходной	Центровые отверстия
2 Чистовое точение поверхности $\varnothing 40$		То же	-//-

2.4 Расчет режимов обработки при выполнении токарных операций

При расчете режимов обработки исходные данные необходимо указывать в следующей последовательности для каждого перехода:

- наименование и номер операции;
- наименование и модель станка;
- марка и свойства обрабатываемого материала (σ_b , НВ);
- наименование и марка материала режущего инструмента;
- содержание перехода.

2.4.1 Определение глубины резания. В случае обработки поверхности за один рабочий ход глубина резания принимается равной припуску, т. е. $t = Z$.

В случае многопроходной обработки глубина резания определяется согласно эскизу заготовки, на котором указана схема обработки (см. рисунок 2.1).

После установления глубины резания для каждого рабочего хода определяется подача S_0 .

2.4.2 Определение подачи. При назначении величины подачи необходимо учитывать марку обрабатываемого материала, марку материала режущего инструмента, жесткость технологической системы, прочность пластинки твердого сплава и державки резца, вид обработки (черновое или чистовое точение).

При черновом точении подача определяется по формуле

$$S_0 = S_{табл} \cdot K_{MS}, \quad (2.1)$$

где $S_{табл}$ – табличное значение подачи;

K_{MS} – коэффициент, зависящий от свойства обрабатываемого материала.

Значения $S_{табл}$ и K_{MS} приведены в таблицах А.4 и А.5.

Найденное значение S_0 корректируется и окончательно принимается по паспорту станка.

Пример расчета подачи черновой обработки поверхности $\varnothing 30$ (заготовка имеет $\varnothing 36$). Марка материала детали – сталь 50Г ($\sigma_b = 647$ МПа). Материал режущей пластинки резца – твердый сплав марки Т5К10. Глубина резания $t = 2$ мм.

По таблице А.4 находим рекомендуемые значения подач для своих условий $S_{табл} = 0,4 \dots 0,5$ мм/об. По таблице А.5 находим поправочный коэффициент $K_{MS} = 1$. Тогда

$$S_0 = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ мм/об.}$$

По паспорту токарно-винторезного станка 16К20 принимаем ближайшую меньшую подачу $S_0 = 0,52$ мм/об.

Для чистовой токарной обработки подачи принимаются по таблице А.6 в зависимости от шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. Поправочный коэффициент K_{MS} определяется по таблице А.7.

Подачи при обработке канавок, пазов и отрезании заготовок (деталей) принимаются по таблице А.8.

2.4.3 Расчет скорости резания. При расчете скорости в качестве расчетного диаметра принимается наибольший диаметр заготовки. Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V_p = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.2)$$

где $V_{табл}$ – табличное значение скорости;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки.

Значения $V_{табл}$ и коэффициента K_1 приведены в таблицах А.9 и А.11. Коэффициенты K_2 и K_3 в лабораторных условиях принимаются равными 1,0 при наружном точении. При растачивании отверстий $K_2 = 1$, $K_3 = 0,85$.

По расчетному значению скорости V_p определяется расчетная частота вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (2.3)$$

где D – наибольший диаметр заготовки.

Действительная частота вращения шпинделя n_d принимается по паспорту станка, по которому рассчитывается действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}. \quad (2.4)$$

Пример расчета скорости резания. В примере расчета подачи была определена подача $S_0 = 0,5$ мм/об при обработке заготовки $\varnothing 36$ из стали 50Г ($\sigma_s = 647$ МПа). Глубина резания $t = 2$ мм.

По таблице А.9 находим значение скорости $V_{табл} = 100$ м/мин, при этом поправочный коэффициент $K_1 = 0,8$ (см. таблицу А.11). Тогда расчетное значение скорости

$$V_p = 100 \cdot 0,8 = 80,0 \text{ м/мин.}$$

Расчетная частота вращения шпинделя

$$n_p = \frac{1000 \cdot 80,0}{3,14 \cdot 36} = 707 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка 16К20 принимаем действительную частоту вращения шпинделя $n_d = 630 \text{ мин}^{-1}$.

Тогда действительная скорость резания

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 630}{1000} = 71,2 \text{ м/мин.}$$

2.4.4 Сверление центровых отверстий. При обработке деталей центровые отверстия используют в качестве технологических баз, параметры которых (размеры и форма) определяются в зависимости от условий выполнения технологического процесса в ходе разработки технологического процесса.

Центровые отверстия обрабатываются центровочными сверлами, размеры

которых определены стандартом (ГОСТ 14952–75). В качестве номинального диаметра центровочного сверла принят диаметр его цилиндрической части. Диаметры центровочных сверл: 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0 мм.

Размеры центровых отверстий выбирают в зависимости от диаметра вала (ГОСТ 14034–74) по таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Диаметры центровых отверстий и валов, рекомендуемых по ГОСТ 14034–74

Диаметр вала D , мм	10	14	20	30	40	60	80	100
Диаметр отверстия d , мм	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10

Центровое отверстие может быть также обработано набором инструментов: сверлом и зенковкой; сверлом и сверлом большого диаметра с углом заточки $2\varphi = 60^\circ$.

Режимы резания при сверлении центровых отверстий рассчитываются по тем же формулам и таблицам, что и для обычных спиральных сверл. Диаметр сверла (сверления) принимается равным диаметру цилиндрической части центровочного сверла.

2.4.5 Определение режимов обработки при сверлении. При сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла, т. е. $t = d/2$.

Подача выбирается из таблицы А.12 и окончательно принимается после уточнения по паспорту станка.

Скорость резания при сверлении рассчитывается по формуле

$$V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.5)$$

где $V_{табл.}$ – табличное значение скорости (принимается по таблице А.13);

K_1 – коэффициент, зависящий от свойства обрабатываемого материала (таблица А.14);

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента (в практических и лабораторных занятиях принимается равным 1,0);

K_3 – коэффициент, зависящий от глубины сверления (таблица А.15).

По полученному значению скорости V рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.6)$$

Значение n_p корректируется по паспорту станка, принимается ближайшая меньшая частота n_∂ .

В заключение рассчитывается действительное значение скорости резания:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000}. \quad (2.7)$$

2.5 Определение режимов обработки для фрезерных операций

При наличии на поверхности детали поверхностей, требующих фрезерной обработки, необходимо произвести расчет режимов резания при фрезеровании на вертикально-фрезерном станке, например, концевой фрезой.

При фрезеровании глубина резания определяется величиной общего припуска Z_0 и числа рабочих ходов, необходимых для его снятия.

Определение подачи при фрезеровании. В отличие от других видов обработки при фрезеровании нормируется подача на один зуб фрезы S_z . Нормативные значения S_z приведены в таблице А.16.

Скорость резания определяется по формуле

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.8)$$

где $V_{табл}$ – табличное значение скорости (принимается по таблице А.17);

K_1 – коэффициент, зависящий от размеров обработки;

K_2 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от стоимости инструмента.

Коэффициенты K_1 и K_3 в практических и лабораторных занятиях принимаются равными единице.

Коэффициент K_2 принимается таким же, как и при сверлении (таблица А.14).

По полученному значению скорости V рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_\phi}, \quad (2.9)$$

где D_ϕ – диаметр фрезы (принимается из таблиц 2.5 и 2.6).

Таблица 2.5 – Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17026–71

Диаметр фрезы D_ϕ , мм	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25	26
Число зубьев Z	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6

Таблица 2.6 – Фрезы концевые с коническим хвостовиком по ГОСТ 17026–71

Диаметр фрезы D_ϕ , мм	10	11	12	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Число зубьев Z	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6

Значение n_p уточняется по паспорту станка и принимается ближайшее меньшее.

По принятой частоте вращения шпинделя рассчитывается действительная скорость резания:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\delta}}{1000}. \quad (2.10)$$

По принятой частоте вращения шпинделя рассчитывается минутная подача:

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n_{\delta}, \quad (2.11)$$

где Z – число зубьев фрезы.

Конструкция коробок подач фрезерных станков предусматривает минутную подачу (мм/мин), а не подачу на оборот (мм/об), как у других станков. Поэтому полученное значение минутной подачи уточняется по паспорту станка (принимается ближайшая меньшая подача). По принятым минутной подаче S_{Mnp} и частоте вращения шпинделя n_p окончательно рассчитывается подача на один зуб фрезы:

$$S_Z = \frac{S_{Mnp}}{Z \cdot n_{\delta}}. \quad (2.12)$$

2.6 Определение режимов обработки при шлифовании

На поверхностях деталей, подлежащих шлифованию, при выполнении предыдущей (токарной) обработки оставляется припуск под шлифование, значения припуска указаны в таблице 2.7

Таблица 2.7 – Припуск под шлифование поверхностей валов

Вид шлифования	Диаметр шлифуемой поверхности d , мм					
	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120
До термообработки	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
После термообработки:						
черновое	–	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
чистовое	–	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Шлифование цилиндрических поверхностей валов на круглошлифовальных станках может выполняться с поперечной или продольной подачей при автоматическом или ручном цикле в два этапа: шлифование и выхаживание.

Определение режимов резания начинается с выбора размеров и характеристики шлифовального круга, в состав которой входят: марка абразивного материала, зернистость, твердость, вид связки, структура, точность балансировки круга.

Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D_{кр} \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (2.13)$$

где $D_{кр}$ – диаметр шлифовального круга (принимается по паспорту станка);
 $n_{кр}$ – частота вращения шлифовального круга (величина постоянная для каждой модели станка).

Скорость вращения детали V_{∂} принимается по таблице А.18. По этому значению рассчитывается частота вращения детали:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot V_{\partial}}{\pi \cdot d}, \quad (2.14)$$

где d – диаметр детали.

Полученное значение частоты вращения детали n_{∂} уточняется по паспорту станка. При этом следует иметь в виду, что все модели круглошлифовальных станков имеют бесступенчатое регулирование частоты вращения заготовки.

Поперечная минутная подача S_M выбирается по таблице А.19, а время выхаживания определяется по таблице А.21.

Расчет основного времени при шлифовании отличается от его расчета при обычных методах обработки (точении, сверлении, фрезеровании и др.):

$$t_0 = \frac{1,3(Z - Z_{вых})}{S_M} + t_{вых}. \quad (2.15)$$

2.7 Определение основного времени

Для всех операций разработанного технологического процесса рассчитывается основное время по формуле

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n}, \quad (2.16)$$

где $L_{p.x}$ – длина рабочего хода инструмента.

$$L_{p.x} = L_{рез} + y, \quad (2.17)$$

где $L_{рез}$ – длина резания;

y – величина подвода, врезания и перебега инструмента.

Значение подвода врезания и перебега рассчитывают в зависимости от конкретных условий обработки, при этом необходимо учитывать конструкцию инструмента и геометрию режущей части, припуск на обработку, форму и размеры детали и др.

При многопроходной обработке без изменения режимов резания основ-

ное время рассчитывается по формуле

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n} \cdot i, \quad (2.18)$$

где i – число проходов.

При изменении режимов резания основное время рассчитывается отдельно для каждого перехода и затем суммируется.

Контрольные вопросы

1 Укажите виды резцов, применяемых при токарных операциях.

2 Укажите способы снижения погрешности изготовления детали при выполнении механической обработки.

3 Укажите последовательность проведения операций при изготовлении детали.

4 Что такое установ детали, как определить количество установов в технологическом процессе?

3 Практическое занятие № 2. Разработка технологического процесса изготовления втулки

3.1 Исходные данные

В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж втулки. Исходные данные для каждого варианта приведены в таблице 3.1.

Вариант задания для практического занятия № 2 задается преподавателем. Рисунок согласно варианта выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Таблица 3.1 – Варианты заданий к практическому занятию № 2

Вариант	Номер рисунка	Марка стали	Вариант	Номер рисунка	Марка стали
1	3.1	15ХМ	9	3.9	30Г2
2	3.3	35	10	3.10	50Г
3	3.5	45	11	3.4	38ХГН
4	3.4	35ХМ	12	3.5	12ХН3А
5	3.2	40Х	13	3.6	45
6	3.6	30	14	3.3	45Г
7	3.8	18ХГТ	15	3.2	15ХГФ
8	3.7	30ХМА	16	3.3	45

3.2 Технологический процесс

При разработке технологического процесса изготовления втулки выполнить последовательно пп. 2.2–2.11.

Особенностью деталей данного класса является наличие центрального отверстия, которое может быть обработано на токарной операции за несколько переходов в их различном сочетании.

Первый вариант: сверление, рассверливание, растачивание (черновое, чистовое).

Второй вариант: сверление, растачивание (черновое, чистовое).

При выборе варианта обработки центрального отверстия необходимо учитывать следующие рекомендации. Сверление отверстий больших диаметров в сплошном материале выполняется в два перехода (сверление и рассверливание). При этом диаметр сверла при сверлении отверстий обычно не превышает 22 мм. Перед сверлением отверстия заготовку целесообразно засверлить центровочным сверлом меньшего диаметра. Растачивание можно выполнить тогда, когда в предварительно рассверленном отверстии может разместиться расточной резец.

3.3 Режимы резания при сверлении и рассверливании отверстий

При расчете режимов резания для засверливания, сверления и рассверливания руководствоваться указаниями, изложенными в п. 2.4.5.

Следует учитывать, что глубина резания при рассверливании

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3.1)$$

где D – диаметр рассверливания;

d – диаметр отверстия после сверления.

Подача при рассверливании применяется в 1,5 раза больше, чем при сверлении.

Растачивание (черновое и чистовое) центрального отверстия может выполняться за один или несколько рабочих ходов. Перед расчетом режимов резания целесообразно составить схему обработки отверстия, разделив весь припуск на каждый рабочий ход и определив глубину резания.

Нормативные значения подач приведены в таблице А.22.

Скорость резания рассчитывается по формуле (2.2) с учетом значения коэффициента $K_3 = 0,85$.

Дальнейший расчет режимов резания выполняется в соответствии с методикой, изложенной в подразд. 2.4.

3.4 Режим резания при нарезании резьбы метчиками

Отверстия под резьбу в деталях для практических занятий № 2 и 4 обрабатывают сверлением. Размеры отверстий, предельные отклонения и диаметры сверл приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы с крупным шагом по ГОСТ 19257–73

Номинальный диаметр резьбы D , мм	Шаг резьбы P , мм	Поле допуска				Диаметр сверла, мм
		6H, 7H	6G, 7G	6H, 6G	7H, 7G	
		Номинальный размер		Предельные отклонения		
5	0,8	4,20	4,23	+0,13	+0,18	4,2
6	1,0	4,95	5,00	+0,20	+0,26	5,0
8	1,25	6,70	6,75	+0,20	+0,26	6,8
10	1,5	8,43	8,50	+0,22	+0,30	8,5
12	1,75	10,20	10,25	+0,27	+0,36	10,2
16	2,0	13,90	13,95	+0,30	+0,40	14,0
20	2,5	17,35	17,40	+0,40	+0,53	17,5
24	3,0	20,85	20,90	+0,40	+0,53	21,0

Расчет режимов резания при сверлении отверстий под резьбу студенты выполняют по п. 2.4.5.

Нарезание резьбы метчиками выполняют в два прохода: черновой и чистовой.

Ручные и машинно-ручные метчики выпускаются комплектом, состоящим из двух метчиков: чернового и чистового. Маркируются они одной (-) или двумя (=) линиями на хвостовике метчика соответственно.

Подача при нарезании резьбы метчиком равна шагу резьбы, т. е. $S_0 = P$.

Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = V_{табл} \cdot K_M, \quad (3.2)$$

где $V_{табл}$ – табличное значение скорости резания;

K_M – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

Значения $V_{табл}$ приведены в таблице А.23.

Коэффициент K_M следует принимать равным:

– при обработке конструкционных углеродистых сталей $K_M = 1,0$;

– при обработке легированных сталей $K_M = 0,85$.

Частота вращения шпинделя и действительная скорость рассчитываются по п. 2.4.5.

При расчете основного времени на операцию (переход) нарезания резьбы метчиком длина рабочего хода удваивается, т. к. метчик из нарезанной резьбы необходимо вывинтить:

$$t_0 = \frac{2L_{p.x}}{S_0 \cdot n}. \quad (3.3)$$

Контрольные вопросы

- 1 Как рассчитать основное время операции при сверлильных работах?
- 2 Как определить вспомогательное, операционное и технологическое время?
- 3 Перечислите операции, позволяющие повысить качество поверхности при сверлильных работах.

4 Практическое занятие № 3. Разработка технологического процесса изготовления шестерни

4.1 Исходные данные

В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж шестерни. Исходные данные для каждого варианта приведены в таблице 4.1.

Вариант задания для практического занятия № 2 задается преподавателем. Рисунок согласно варианту выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Таблица 4.1 – Варианты заданий к практическому занятию № 3

Вариант	Номер рисунка	Марка стали	Вариант	Номер рисунка	Марка стали
1	4.3	45Г	9	4.3	25ХГТ
2	4.2	30ХМА	10	4.10	50Г
3	4.5	18ХГТ	11	4.4	45
4	4.6	15ХГФ	12	4.6	35
5	4.4	15ХМ	13	4.1	38ХГН
6	4.1	30	14	4.9	30Г2
7	4.7	30	15	4.5	40ХС
8	4.8	12ХН3А	16	4.2	12ХН2

4.2 Технологический процесс

При разработке технологического процесса изготовления шестерни выполнить последовательно пп. 2.2–2.11.

Расчет режимов резания на токарные операции (переходы) производить в соответствии с указаниями, изложенными в подразд. 2.4.

Обработку центрального отверстия шестерни производить согласно подразд. 3.3.

4.3 Режимы резания при фрезеровании зубьев

Обработка зубьев шестерни в лабораторных условиях выполняется на зубофрезерном станке червячной фрезой.

Основные параметры червячной фрезы выбираются из таблицы 4.2 и записываются в исходные данные для расчета режимов резания.

Таблица 4.2 – Основные размеры червячных фрез типа 2 по ГОСТ 9324–80

Модуль m_0 , мм	Наружный диаметр D_0 , мм	Диаметр отверстия d , мм	Число зубьев Z_0
1,0	40	16	12
1,5; 2,0	63	27	12
2,5; 2,75	71	27	12
3,0; 3,5	80	32	10
4,0; 4,5	90	32	10
5,0	100	32	10
5,5; 6,0	112	40	10

Расчет режимов резания начинается с выбора подачи на оборот детали:

$$S_0 = S_{0 \text{ табл}} \cdot K_S, \quad (4.1)$$

где $S_{0 \text{ табл}}$ – табличное значение подачи (значение принимается по таблице А.24);
 K_S – поправочный коэффициент (для углеродистых конструкционных сталей $K_S = 1,2$, для легированных сталей $K_S = 0,9$).

Полученное значение S_0 уточняется по паспорту станка и применяется его окончательное значение.

Скорость резания при фрезеровании рассчитывается по формуле

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4.2)$$

где $V_{\text{табл}}$ – табличное значение скорости ($V_{\text{табл}} = 40$ м/мин);
 K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (для углеродистых конструкционных сталей $K_1 = 1,1$; для легированных сталей $K_1 = 0,9$);
 K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента (для практических и лабораторных занятий $K_2 = 1,0$).

На основании полученного значения скорости резания рассчитывается частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_\phi}, \quad (4.3)$$

где D_ϕ – диаметр червячной фрезы.

Полученное значение частоты вращения уточняется по паспорту станка и

рассчитывается действительная скорость резания.

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n_{\partial}}{1000}. \quad (4.4)$$

Основное время при зубофрезеровании червячными фрезами рассчитывается по формуле

$$t_0 = \frac{L_{p.x} \cdot Z_{\partial}}{S_0 \cdot n_{\partial} \cdot \varepsilon \cdot q}, \quad (4.5)$$

где Z_{∂} – число зубьев детали;
 $L_{p.x}$ – длина рабочего хода фрезы,

$$L_{p.x} = L_{рез} + y, \quad (4.6)$$

где $L_{рез}$ – длина резания (равна ширине зубчатого венца при обработке одной детали);

y – величина подвода врезания и перебега (принимается по таблице 4.3);

ε – число заходов фрезы;

q – количество одновременно обрабатываемых деталей.

Таблица 4.3 – Суммарная величина врезания и перебега при зубофрезеровании червячными фрезами прямозубых цилиндрических зубчатых колес

Модуль m_0 , мм	Диаметр фрезы D_{ϕ} , мм	Врезание и перебег y , мм	Модуль m_0 , мм	Диаметр фрезы D_{ϕ} , мм	Врезание и перебег y , мм
1,0	40	14	4,0; 4,5	90	34
1,5; 2,0	63	17	5,0	100	38
2,5; 2,75	71	25	6,0	112	44
3,0; 3,5	80	29	8,0	140	48

Контрольные вопросы

1 Перечислите виды фрез.

2 Как рассчитывается основное время при фрезерных работах?

3 Укажите элементы деталей выполняемые при помощи фрезерования.

5 Практическое занятие № 4. Разработка технологического процесса изготовления крепежной детали

5.1 Исходные данные

В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж крепежной детали (болта, винта, гайки). Исходные данные для каждого варианта приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Варианты заданий к практическому занятию № 4

Вариант	Номер рисунка	Марка стали	Вариант	Номер рисунка	Марка стали
1	5.8	35	9	5.7	35
2	5.2	30	10	5.6	30
3	5.6	45	11	5.2	45
4	5.4	35	12	5.3	35
5	5.5	40X	13	5.4	40X
6	5.3	30	14	5.5	30
7	5.7	45	15	5.10	45
8	5.1	40X	16	5.9	40X

5.2 Технологический процесс

При разработке технологического процесса изготовления крепежной детали выполнить последовательно пп. 2.2–2.11.

Проектирование токарных операций выполнять на основании указаний, изложенных в п. 2.4.5, фрезерных операций – в п. 2.5, резьбонарезных операций (метчиками) – в п. 3.4.

5.3 Нарезание наружной резьбы

5.3.1 Нарезание наружной резьбы плашками. В лабораторных условиях наружная резьба может быть нарезана плашками или резцами. При нарезании резьбы на заготовках из стали происходит «вспучивание» металла, т. е. наружный диаметр резьбы получает некоторое приращение по сравнению с первоначальным диаметром стержня перед нарезанием резьбы. Поэтому диаметр стержня (вала, болта, винта) делают на 0,1...0,2 мм меньше наружного диаметра резьбы. Диаметры стержней после токарной обработки должны соответствовать значениям, указанным в таблице 5.2.

Подача при нарезании резьбы равна шагу, т. е. $S_0 = P$.

Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = V_{табл} \cdot K_{mV}, \quad (5.1)$$

где $V_{табл}$ – табличное значение скорости (значение принимается по таблице А.25);

K_{mV} – поправочный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала (принимается по таблице А.26).

Таблица 5.2 – Диаметры стержней под нарезание метрической резьбы с крупным шагом

Номинальный диаметр резьбы d , мм	Шаг резьбы P , мм	Поле допуска резьбы							
		6h	6q	6e	6d	6h, 6q 6e, 6d	8h	8q	8h, 8q
		Номинальный размер				Пре- дельные отклоне- ния	Номинальный размер	Пре- дельные отклоне- ния	
5	0,8	4,94	4,98	4,88	–	-0,1	4,94	4,92	-0,18
6	1,0	5,92	5,89	5,86	5,83	-0,1	5,92	5,89	-0,20
8	1,25	7,9	7,87	7,84	7,84	-0,11	7,90	7,87	-0,24
10	1,5	9,88	9,85	9,81	9,81	-0,12	9,88	9,85	-0,26
12	1,75	11,86	11,83	11,80	11,80	-0,13	11,86	11,8 3	-0,29
16	2,0	15,84	15,80	15,77	15,77	-0,13	15,84	15,8 0	-0,29
20	2,5	19,84	19,80	19,76	19,76	-0,13	19,84	19,8 0	-0,37
24	3,0	23,84	23,79	23,75	23,73	-0,16	23,84	23,7 9	-0,44

Частота вращения шпинделя, действительная скорость резания и основное время рассчитываются так же, как и при нарезании резьбы метчиками (см. подразд. 3.4).

5.3.2 Нарезание резьбы резцами. Нарезание резьбы резцами выполняется на токарно-винторезных станках при включенном ходовом винте. При холостом ходе ходовой винт не выключается. Возврат резца в исходное положение осуществляется за счет реверса вращения шпинделя (ходового винта). Необходимое количество рабочих ходов резца при нарезании резьбы на стальных заготовках определяется по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Количество рабочих ходов при нарезании метрической резьбы на стальных деталях твердосплавными резцами (Т15КВ)

Свойства стали σ_s , МПа	Вид рабочего хода	Шаг резьбы P , мм				
		1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
$\sigma_s \leq 70$	Черновой	2	2	3	4	5
$\sigma_s > 70$	Черновой	3	3	5	6	7
	Чистой	2	2	2	2	2

Глубина резания при нарезании резьбы резцами определяется количеством рабочих ходов резца и высотой профиля резьбы h . Последний рабочий чистовой (калибрующий) ход, как правило, выполняется при нулевой глубине резания, т. е. $t = 0$. Глубина резания при чистовых ходах обычно составляет 30 % от глубины резания черновых ходов. На основании приведенных положений определяется глубина резания для каждого рабочего хода. Высота профиля резьбы h определяется по таблице 5.4 или рассчитывается по формуле

$$h = 0,54125 \cdot P. \quad (5.2)$$

Таблица 5.4 – Высота профиля метрической резьбы h , мм

Шаг резьбы P , мм	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	3,0
Высота профиля h , мм	0,433	0,541	0,676	0,812	0,947	1,082	1,624

Подача при нарезании резьбы резцами равна шагу резьбы, т. е. $S_0 = P$.
Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = V_{табл} \cdot K_{ТВ}, \quad (5.3)$$

где $V_{табл}$ – табличное значение скорости (значение принимается по таблице А.27);

$K_{ТВ}$ – коэффициент, зависящий от периода стойкости резца (в практических и лабораторных занятиях $K_{ТВ} = 1,0$).

Частота вращения шпинделя и действительная скорость резания рассчитываются как для обычных токарных работ (см. п. 2.4.3).

Основное время рассчитывается по формуле

$$t_0 = \frac{L_{р.х} \cdot i}{S_0 \cdot n}, \quad (5.4)$$

где i – число рабочих ходов.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяются параметры операции при нарезании резьбы?
- 2 Укажите способы повышения качества поверхности при обработке плоских поверхностей.

6 Практическое занятие № 5. Определение видов изнашивания, предельного зазора в сопряжении и возникающих дефектов деталей

Цель работы: изучить причины и факторы, влияющие на возникновение дефектов деталей в механизмах; определить виды изнашивания, предельного зазора в сопряжении деталей.

6.1 Содержание практического занятия

Исходные данные. Заданием к практическому занятию служит чертеж детали. Рабочий чертеж детали выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Анализ условий работы и определение видов изнашивания. Исходя из условия работы детали, конструкции детали, функционального назначения детали, определить:

- характер и величину воспринимаемой и передаваемой деталью нагрузки;
- температурный интервал работы детали;
- характер среды, в которой работает деталь;
- вид и характер износа детали.

При проведении анализа условий работы детали и характера износа детали отметить факторы, имеющие наибольшее влияние на износ детали. Привести аргументированное заключение о характере влияния различных факторов на износ детали.

Определение предельного зазора в сопряжении. Работоспособность и долговечность автомобилей в значительной мере зависят от роста зазоров в подвижных соединениях вследствие износа деталей и ослабления прочности неподвижных соединений из-за нарушения нагрузочного режима и особенно несоблюдения подбора деталей с допустимым износом. Рост зазора в подвижных соединениях ухудшает условия трения деталей и нередко проявляется в появлении различных стуков и аварийного износа.

Работа сопряжений с зазором, менее минимально допустимого, приводит к тому, что жидкостное трение не обеспечивается из-за невозможности образования масляной пленки, в результате чего получают повышенный нагрев трущихся деталей и задиры на их рабочих поверхностях.

Работа с большими зазорами, сверх допустимых, приводит к выдавливанию смазки, увеличению динамической нагрузки и износу рабочих поверхностей деталей. Рост зазора в различных сопряжениях сказывается неодинаково на увеличении износа. В сопряжениях, работающих при динамической нагрузке, увеличение зазора приводит к быстрому нарастанию износа. В сопряжениях же, в которых отсутствует динамическая нагрузка, рост зазора не оказывает столь сильного влияния на износ [1, 4, 8, 9].

Расширение зазора в сопряжении вал – подшипник скольжения можно определить исходя из гидродинамической теории трения и смазки.

Расширение зазора в сопряжении вал – подшипник при работе с постоянной нагрузкой определяется по формуле

$$S = 13,6 \cdot \eta \cdot n \cdot d^2 / c \cdot p, \quad (6.1)$$

где η – абсолютная вязкость масла, $\eta = 10$ Па;

n – частота вращения вала, об/с;

d – номинальный диаметр подшипника, мм;

c – коэффициент, учитывающий соотношение между размерами подшипника, $c = l + d / l$;

l – длина подшипника, мм;

p – удельная нагрузка, $p = 1,10$ Па;

P – удельная нагрузка на подшипник, Н.

Значение максимально допустимого зазора S можно найти при помощи наивыгоднейшего зазора:

$$S_{наив} = 0,467 \cdot d \sqrt{\eta \cdot n / p \cdot c}; \quad (6.2)$$

$$S_{np} = S_{наив}^2 / 4(\delta_1 + \delta_2), \quad (6.3)$$

где $(\delta_1 + \delta_2)$ – сумма высоты неровностей поверхностей вала и подшипника после приработки, в среднем 0,004 мм.

Минимально допустимый зазор

$$S_{np} = 0,3 \cdot d \sqrt{\eta \cdot n / p \cdot c}. \quad (6.4)$$

Срок службы сопряжения

$$T = S_{np} - S_{нач} / i, \quad (6.5)$$

где i – интенсивность изнашивания.

По наивыгоднейшему зазору подобрать соответствующую посадку, т. е. определить табличные значения S_{max} и S_{min} :

$$S_{max} < 1,7 S_{наив} - 2(\delta_1 + \delta_2); \quad (6.6)$$

$$S_{min} > 0,7 S_{наив} - 2(\delta_1 + \delta_2). \quad (6.7)$$

Зная предельный износ и средний табличный зазор, рассчитывать запас на износ:

$$k = S_{np} / S_{нач}. \quad (6.8)$$

По данным экспериментальных исследований, значение коэффициента запаса на износ колеблется в пределах 2...4.

Определение возникающих дефектов. Определить все возможные дефекты детали, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Описание возможных дефектов детали привести в виде дефектовочной карты.

7 Практическое занятие № 6. Определение маршрутов восстановления детали. Выбор наиболее оптимального маршрута восстановления

Цель работы: изучить методы восстановления деталей при возникновении дефектов на рабочих поверхностях; освоить методику составления технологических процессов на восстановление детали; изучить последовательность выполнения расчетов и методику при определении оптимального маршрута восстановления детали.

7.1 Содержание практического занятия

Задание к практическому занятию. Заданием к практическому занятию служит чертеж детали. Рабочий чертеж детали выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Определение характера и вида износа. Учитывая условия работы детали, конструкции детали, функционального назначения детали, определить:

- характер и величину воспринимаемой и передаваемой деталью нагрузки;
- температурный интервал работы детали;
- характер среды, в которой работает деталь;
- вид и характер износа детали.

При проведении анализа условий работы детали и характера износа детали отметить факторы, имеющие наибольшее влияние на износ детали. Привести аргументированное заключение о характере влияния различных факторов на износ детали [1, 4, 8, 9].

Определение вида сопряжения и характера работы. Исходя из функционального назначения детали, определить вид сопряжения, например, вал – подшипник скольжения при статической нагрузке, вал – подшипник скольжения при знакопеременной нагрузке, цилиндрический стержень с возвратно-поступательным движением направляющих и т. д.

Выбор наиболее оптимального маршрута восстановления. При выборе наиболее оптимального маршрута восстановления детали необходимо учитывать ряд исходных данных: размеры, форму и точность изготовления детали, ее материал, термическую обработку, условия работы, вид и характер дефекта, производственные возможности ремонтного предприятия и др.

При выборе оптимального способа восстановления деталей следует произвести оценку способов по двум критериям:

- 1) критерию применимости;
- 2) критерию долговечности.

Критерий применимости является технологическим критерием и определяет принципиальную возможность применения различных способов восстановления по отношению к конкретным деталям.

При оценке способов по критерию применимости необходимо учесть условия работы, износ, конструктивные особенности, габариты детали.

Например, нельзя восстанавливать детали механизмов управления и детали, воспринимающие при работе большие удельные нагрузки: коленчатые валы, цапфы управляемых колес и т. д. вибродуговой наплавкой.

При износе (если позволяют условия эксплуатации детали) рекомендуется использовать:

- от 0,1 до 0,2 мм – хромирование;
- от 0,2 до 0,8 мм – хромирование;
- от 0,3 до 1,0 мм – вибродуговую наплавку;
- от 1,5 до 4,0 мм – наплавку под слоем флюса.

В зависимости от габаритов детали рекомендуется [1, 4, 8, 9]:

- крупногабаритные детали наплавлять ручной электродуговой наплавкой;
- средние по размерам детали наплавлять под слоем флюса;
- мелкие детали, диаметром менее 50 мм, наплавлять вибродуговой наплавкой.

Критерий применимости того или иного способа восстановления определяется функцией

$$K_n = f(M; \Phi; D; I; H; \Sigma T), \quad (7.1)$$

где M – материал детали;

Φ – форма восстанавливаемой поверхности детали;

D – диаметр восстанавливаемой детали;

I – износ детали;

H – назначение и характер воспринимаемой деталью нагрузки;

ΣT – сумма технологических особенностей способа, определяющих область его рационального применения.

После отбора способов по критерию применимости оценивают выбранные способы по критерию долговечности.

Критерий долговечности определяет работоспособность восстанавливаемых деталей. Он выражается через коэффициент долговечности, под которым понимается отношение долговечности восстановленной детали к долговечности новой детали данного наименования.

Коэффициент долговечности определяется как функция

$$k = f(k_u, k_v, k_{cu}), \quad (7.2)$$

где k_u – коэффициент износостойкости;

k_v – коэффициент выносливости;

$k_{сц}$ – коэффициент сцепляемости.

Численные значения коэффициентов износостойкости и выносливости могут определяться на основе стендовых и эксплуатационных сравнительных испытаний новых и восстановленных деталей на специальных установках или стандартных машинах (машинах трения, машинах для испытания на усталость).

Необходимые справочные данные взять из приложения.

Контрольные вопросы

1 Укажите причины возникновения дефектов на рабочих поверхностях деталей.

2 Укажите способы восстановления отверстий.

3 Укажите способы восстановления плоских поверхностей.

8 Практическое занятие № 7. Техничко-экономический анализ технологического процесса восстановления (изготовления) детали

Цель работы: изучить последовательность выполнения расчетов и методику при определении технико-экономического анализа технологического процесса восстановления (изготовления) детали.

8.1 Содержание практического занятия

Исходные данные. Заданием к практическому занятию служит чертеж детали. Рабочий чертеж детали выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Окончательное решение вопроса о выборе оптимального способа восстановления детали принимается при помощи технико-экономического критерия, связывающего долговечность восстановленной детали с себестоимостью ее восстановления.

В связи с этим необходимо определить оптимальный способ восстановления детали исходя из технико-экономического критерия оценки способов.

Себестоимость восстановления не должна превышать стоимости новой детали с учетом срока службы восстановленной детали [1, 4, 8, 9].

$$C_в < K_д \cdot C_н, \quad (8.1)$$

где $C_в$ – стоимость восстановленной детали, у. е.;

$C_н$ – стоимость новой детали по прейскуранту, у. е.;

$K_д$ – коэффициент долговечности.

Стоимость восстановленной детали может быть определена по формуле

$$C_6 = Q \cdot S \cdot a + \sum t_{об} \cdot l \cdot (1 + H / 100), \quad (8.2)$$

где Q – расход материалов при восстановлении детали, отнесенный к единице поверхности, г/см²;

S – площадь детали, подлежащей восстановлению, см²;

a – стоимость единицы массы материалов, затраченных на восстановление детали, у. е./г;

$t_{об}$ – общее время на восстановление дефекта, мин; $t_{об} = t_o + t_{н.о.}$;

t_o – время восстановления, мин;

$t_{н.о.}$ – время на предварительную и окончательную обработку, мин;

l – тарифная ставка рабочего в зависимости от разряда выполняемой работы, у. е. / мин;

H – процесс накладных расходов (для ремонтных предприятий принимается 250 %).

Тарифная ставка рабочего может быть определена исходя из установленной минимальной заработной платы с учетом разряда работ:

$$l = L \cdot K_{тар} / T, \quad (8.3)$$

где L – минимальная заработная плата, у. е.;

T – продолжительность времени работы;

$K_{тар}$ – коэффициент, учитывающий разряд работ (гальванические работы $K_{тар} = 2,63$; наплавка механическая $K_{тар} = 2,31$; слесарные и другие работы $K_{тар} = 2,03$).

Произвести технико-экономическую оценку нескольких возможных способов восстановления детали (два-три способа).

Контрольные вопросы

1 Укажите виды резцов, применяемых при токарных операциях.

2 Укажите способы снижения погрешности изготовления детали при выполнении механической обработки.

3 Укажите последовательность проведения операций при изготовлении детали.

4 Что такое установ детали? Как определить количество установов в технологическом процессе?

9 Практическое занятие № 8. Разработка технологического процесса восстановления корпусной детали

Цель работы: изучить последовательность выполнения операций и основные этапы разработки технологического процесса на восстановление корпусной детали.

9.1 Содержание практического занятия

Исходные данные. Заданием к практическому занятию служит чертеж детали. Рабочий чертеж детали выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

В ходе практического занятия необходимо разработать технологический процесс восстановления корпусной детали. При разработке технологического процесса следует учесть класс детали, определяющий характерные дефекты и особенности технологических процессов изготовления и восстановления корпусных деталей.

Корпусные детали изготавливают в основном из чугуна или алюминиевых сплавов. К ним относятся блоки, картеры, головки, крышки, корпуса, кронштейны. Наиболее распространенными дефектами этих деталей являются: износ внутренних посадочных отверстий под вкладыши гильзы и подшипники качения; отклонения в правильности взаимного положения посадочных поверхностей; трещины и отколы; повреждения резьбы [1, 4, 8, 9].

9.2 Последовательность разработки технологического процесса восстановления корпусной детали

- 1 Проанализировать технологический процесс изготовления новой детали.
 - 2 Проанализировать условия работы детали в сопряжении, виды и процессы ее изнашивания.
 - 3 Проанализировать дефекты детали и выбрать возможные технологические методы восстановления, выбрать технологические базы для обработки (составить дефектовочную карту).
 - 4 Разработать предварительный маршрут восстановления, расчленив его на технологические операции (составить маршрутную карту).
 - 5 Выбрать технологическое оборудование, приспособление, рабочий инструмент, средства контроля и измерений.
 - 6 Обосновать общие и операционные припуски и допуски на обработку.
 - 7 Установить режимы и нормы времени выполнения операций.
 - 8 Провести технико-экономическое обоснование рационального варианта технологического процесса восстановления детали.
 - 9 Разработать технологическую документацию на восстановление детали.
- Технологическая документация оформляется в виде дефектовочной карты, маршрутной карты и операционной карты.

9.3 Условия работы детали в механизме

Условия работы отражают характер и величину воспринимаемой и передаваемой деталью нагрузки в процессе работы в механизме. Производится анализ среды, в которой работает деталь (коррозионная среда, наличие абразива, температурный режим и т. д., наличие смазки (обильная, нормальная, недостаточная)). Все данные можно получить при изучении конструкции детали и ее работы в соединении. Определяются возможные дефекты, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации.

9.4 Карта технических условий

В карту включаются все возможные дефекты детали. Заполнение карты на контроль и сортировку выполняется при капитальном ремонте автомобиля.

В карте ТУ слева в углу вычерчивается эскиз детали с указанием дефектов.

9.5 Составление маршрута восстановления детали

По имеющимся дефектам составляются способы восстановления, а затем – маршрут восстановления детали в целом с указанием принятого технологического оборудования и той последовательности, в которой они должны следовать при ремонте детали.

Необходимо установить, какие дефекты могут ремонтироваться несколькими способами, а какие допускают только один способ восстановления. Оценка способов восстановления производится с помощью критериев долговечности.

Критерий долговечности определяется на базе сведений об износостойкости, усталостной прочности, прочности сцепления нанесенного слоя с основным металлом детали. Чтобы обеспечить работоспособность детали на весь межремонтный пробег агрегата, долговечность применяемого способа должна быть не ниже 0,85 ($K_d \geq 0,85$). Окончательное решение вопроса о выборе рационального способа восстановления принимается при помощи технико-экономического критерия, связывающего долговечность отремонтированной детали с себестоимостью ее восстановления.

Себестоимость восстановления не должна превышать стоимость новой детали с учетом срока службы восстановленной детали.

Контрольные вопросы

- 1 Укажите причины возникновения дефектов на рабочих поверхностях корпуса.
- 2 Укажите способы восстановления отверстий корпуса.
- 3 Укажите способы восстановления плоских поверхностей корпуса.

Список литературы

- 1 **Суслов, А. Г.** Технология машиностроения: учебник для студентов машиностроительных вузов / А. Г. Суслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2007. – 430 с.
- 2 **Карунин, А. Л.** Технология автомобилестроения: учебник для вузов / А. Л. Карунин, Е. Н. Бузник, С. В. Дащенко. – Москва: Трикста, 2005. – 624 с.
- 3 **Ярошевич, В. К.** Технология производства автомобилей: учебное пособие / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2006. – 280 с.
- 4 **Антимов, А. М.** Основы технологии машиностроения: учебник / А. М. Антимов. – Екатеринбург: Уральский ун-т, 2017. – 180 с.
- 5 **Чумаченко, Ю. Т.** Кузовные работы. Легковой автомобиль: учебное пособие / Ю. Т. Чумаченко, А. А. Федорченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 256 с.
- 6 **Марголит, Р. Б.** Технология машиностроения: учебник для среднего профессионального образования / Р. Б. Марголит. – Москва: Юрайт, 2021. – 413 с.
- 7 **Технология машиностроения. Сборник задач и упражнений: учебное пособие / Под ред. В. И. Аверченкова, Е. А. Польского. – Москва: ИНФРА-М, 2005. – 288 с.**
- 8 **Восстановление деталей машин: справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В. П. Иванова. – Москва: Машиностроение, 2003. – 672 с.**
- 9 **Ярошевич, В. К.** Технология ремонта автомобилей. Лабораторный практикум : учебное пособие / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 392 с.
- 10 **Горохов, В. А.** Способы отделочно-упрочняющей обработки материалов: учебное пособие / В. А. Горохов, Н. В. Спиридонов. – Минск: Технопринт, 2003. – 96 с.
- 11 **Мрочек, Ж. А.** Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин: учебное пособие / Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, И. П. Филонов. – Минск: Технопринт, 2000. – 268 с.
- 12 **Гучкин, И. С.** Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций: учебное пособие / И. С. Гучкин. – Москва: АСВ, 2001. – 176 с.
- 13 **Канарчук, В. Е.** Восстановление автомобильных деталей. Технология и оборудование: учебник для вузов / В. Е. Канарчук, А. Д. Чигринец. – Москва: Транспорт, 1995. – 302 с.
- 14 **Клепиков, В. В.** Технология машиностроения: технологические системы на ЭВМ: учебник / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 280 с.
- 15 **Есенберлин, Р. Е.** Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р. Е. Есенберлин. – Москва: Транспорт, 1994. – 256 с.
- 16 **Руководство по капитальному ремонту автомобилей ЗИЛ-130. – Москва: Авторемонт, 1997. – 219 с.**

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Механические свойства конструкционных углеродистых и легированных сталей

Марка стали	σ_s , МПа	НВ _{max}	Марка стали	σ_s , МПа	НВ _{max}
18ХГТ	980	217	35	530	207
50Г	647	229	38ХГН	784	229
45	600	229	35ХМ	932	241
12ХНЗА	932	217	25ХГМ	1176	207
40Х	980	217	45Г	618	229
15ХМ	441	179	38ХА	932	207
15ХГФ	912	207	30Г2	588	207
30	490	179	25ХГТ	1275	217
30ХМА	932	229	40ХС	1226	255
12ХН2	784	207	40ХФА	883	241

Таблица А.2 – Сортамент круглого горячекатаного проката по ГОСТ 2590–71

Диаметр, мм	Допуск, мм	Диаметр, мм	Допуск, мм	Диаметр, мм	Допуск, мм
30...48 (через 1 мм)	+0,4	60	+0,5 -1,1	80	+0,5 -1,3
	-0,7	62		82	
		63		85	
50	+0,4 -1,0	65		90	+0,6 -1,7
52		67		95	
53		68		100	
54		70			
55		72			
56		75			
58	78	120			

Таблица А.3 – Точность резки круглого проката

Способ резки	Точность резки, мм
На пресс-ножницах (до диаметра 200 мм)	$\pm 1 \dots \pm 6$
Дисковыми пилами	$\pm 0,4 \dots \pm 3$
Ленточными пилами	$\pm 1,5 \dots \pm 5$
Приводными ножовками	$\pm 2 \dots \pm 4,5$
На фрезерно-отрезных станках	2,5...4,5
На токарно-отрезных станках	0,3...0,8
На горизонтально-фрезерных станках	0,4...0,7
На абразивно-отрезных станках	0,3...0,7

Таблица А.4 – Подачи при черновом наружном точении стали резцами с пластинами из твердого сплава

Диаметр детали, мм	Подача $S_{табл}$, мм/об, при глубине резания t , мм		
	до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 8
До 20	0,3...0,4	–	–
Св. 20 до 40	0,4...0,5	0,3...0,4	–
Св. 40 до 60	0,5...0,9	0,4...0,8	0,3...0,7
Св. 60 до 100	0,6...1,2	0,5...1,1	0,5...0,9
Св. 100 до 400	0,8...1,3	0,7...1,2	0,6...1,0

Таблица А.5 – Поправочный коэффициент K_{MS} при черновом точении стали

Прочность детали $\bar{\sigma}_{вр}$, МПа	500...600	601...700	701...900	901...1100
K_{MS}	0,9	1,0	1,15	1,25

Таблица А.6 – Подачи при чистовом точении стали резцами с пластинами из твердого сплава

Шероховатость поверхности Ra , мкм	$S_{табл}$, мм/об, при радиусе при вершине резца, мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
2,50	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
3,20	0,25	0,33	0,43	0,49	0,55	0,60
6,30	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
12,5	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблица А.7 – Поправочный коэффициент K_{MS} при чистовом точении стали

Прочность детали $\bar{\sigma}_{вр}$, МПа	500...700	701...900	901...1000
K_{MS}	0,9	1,0	1,15

Таблица А.8 – Подачи при прорезании пазов, канавок и отрезании

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Подача $S_{табл}$, мм/об
До 20	3	0,06...0,08
Св. 20 до 40	3...4	0,10...0,12
Св. 40 до 60	4...5	0,13...0,16
Св. 60 до 100	5...8	0,16...0,23
Св. 100 до 150	6...10	0,18...0,26
Св. 150	10...15	0,28...0,36

Таблица А.9 – Скорость резания при точении стали резцами из твердого сплава

Глубина резания t , мм	Подача S_0 , мм/об	Скорость резания $V_{табл}$, м/мин, при угле в плане φ , град		
		45	60	90
До 1	До 0,2	160	160	160
	0,3	150	150	150
	0,4	135	135	135
	0,5	130	130	130
	0,6	125	125	125
	0,8	120	120	120
2,5	До 0,2	150	150	140
	0,3	135	125	120
	0,4	125	120	115
	0,5	115	110	105
	0,6	110	105	100
	0,8	100	95	93
5,0	До 0,2	150	140	125
	0,3	130	125	105
	0,4	120	115	95
	0,5	110	100	90
	0,6	100	95	85
	0,8	90	85	75

Таблица А.10 – Скорости резания $V_{табл}$ при прорезании пазов, канавок и отрезании

Подача S_0 , мм/об	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
Скорость $V_{табл}$, м/мин	110	100	85	77	65	57	52

Таблица А.11 – Поправочный коэффициент K_1 к скорости резания при точении

Марка стали	30, 35, 40, 45, 50			40Х, 38ХА, 40ХФА, 40ХС, 15ХМ, 35ХМ					30Г2, 45Г, 50Г	
	Твердость, НВ _{max}	179	207	229	179	207	217	241	255	207
K_1	1,1	1,0	0,9	1,1	0,95	0,9	0,8	0,75	0,9	0,8

Продолжение таблицы А.11

Марка стали	12ХНЗА, 30ХМА, 12ХН2, 38ХГН, 25ХГМ, 15ХГФ			18ХГТ, 25ХГТ		
Твердость, НВ _{max}	207		217		229	
K_1	0,9		0,85		0,75	

Таблица А.12 – Поддачи при сверлении стали сверлами из быстрорежущей стали

Отношение $L_{рез}/d$	S_0 , мм/об, при диаметре сверла d , мм									
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32
≤ 3	0,04	0,08	0,12	0,16	0,22	0,28	0,32	0,40	0,45	0,5
4...8	0,03	0,06	0,10	0,14	0,18	0,22	0,28	0,32	0,36	0,4

Примечание – В таблице приняты исходные данные для сталей НВ 229...270; для сталей НВ < 229 подачу умножить на 1,3, а для сталей НВ > 270 – на 0,8

Таблица А.13 – Скорость резания $V_{табл}$ при сверлении стали из быстрорежущей стали

Подача S_0 , мм/об	Скорость резания $V_{табл}$, м/мин, при диаметре сверла d , мм									
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32
До 0,06	22	25	32	36	40	44	–	–	–	–
0,10	–	20	24	27	30	32	36	40	44	50
0,15	–	–	21	23	25	27	30	33	36	40
0,20	–	–	18	19	22	23	26	29	32	34
0,30	–	–	–	16	18	19	22	24	26	29
0,40	–	–	–	–	–	17	19	21	23	24
0,60	–	–	–	–	–	–	–	17	18	20

Таблица А.14 – Поправочный коэффициент K_1 к скорости резания при сверлении

Марка стали	30, 35, 40, 45, 50			40Х, 38ХА, 40ХФА, 40ХС, 15ХМ, 35ХМ					30Г2, 45Г, 50Г	
Твердость НВ _{max}	179	207	229	179	207	217	241	255	207	229
K_1	1,3	1,0	0,9	0,95	0,85	0,8	0,7	0,7	0,7	0,65

Продолжение таблицы А.14

Марка стали	12ХНЗА, 30ХМА, 12ХН2, 38ХГН, 25ХГМ, 15ХГФ			18ХГТ, 25ХГТ					
Твердость НВ _{max}	207			217		229		217	
K_1	0,7			0,75		0,65		0,6	

Таблица А.15 – Поправочный коэффициент K_3 к скорости резания при сверлении

Отношение длины сверления к диаметру	До 5	8	10
K_3	1,0	0,8	0,7

Таблица А.16 – Подача S_z при фрезеровании стали концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания t , мм	Подача S_z , мм/зуб, при диаметре фрезы D_f , мм		
	6	16	св. 30
До 5	0,005...0,01	0,01...0,025	0,05...0,07
10	0,003...0,006	0,006...0,015	0,03...0,05
Св. 20	–	–	0,02...0,04

Таблица А.17 – Скорость резания $V_{табл}$ при фрезеровании стали концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания t , мм	Подача S_z , мм/зуб.				
	до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15
<i>При фрезеровании пазов</i>					
До 5	26	24	–	–	–
10	24	23	–	–	–
15	23	22	–	–	–
<i>При фрезеровании плоскостей</i>					
4	–	50	47	42	38
10	–	48	45	40	36
20	–	46	43	38	34

Таблица А.18 – Скорость V_d вращения детали при шлифовании

Скорость круга V_d , м/с	Твердость обрабатываемой детали HRC		
	до 30	30...50	св. 50
30...35	20...25	25...35	35...45
45...50	20...25	30...40	40...50

Таблица А.19 – Поперечная минутная подача S_m при круглом наружном шлифовании с ручным циклом

Ширина шлифования b , мм	Диаметр шлифуемой поверхности d , мм				
	до 16	25	40	60	100
До 16	1,5	1,3	1,1	1,0	0,85
25	1,3	1,1	1,0	0,9	0,75
40	1,1	1,0	0,85	0,75	0,65
60	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
100	0,85	0,75	0,65	0,6	0,5

Таблица А.20 – Время выхаживания при круглом шлифовании $t_{вых}$

Допуск на обработку T , мм	Шероховатость Ra , мкм					
	1,25			0,63		
	При диаметре шлифуемой поверхности d , мм					
	до 16	40	100	до 16	40	100
До 0,025	0,10	0,11	0,13	0,17	0,20	0,22
0,025...0,05	0,08	0,09	0,10	0,13	0,14	0,17

Таблица А.21 – Припуск, снимаемый при выхаживании $Z_{вых}$

Время выхаживания $t_{вых}$, мин	Припуск $Z_{вых}$, мм, при минутной подаче S_m , мм/мин				
	0,2	0,5	1,0	2,0	св. 2,0
0,1	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
0,2	0,015	0,035	0,05	0,07	0,08
0,25	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

Таблица А.22 – Поддачи S_0 при растачивании отверстий в стальных деталях резцами с пластинами из твердого сплава

Диаметр сечения резца, мм	Вылет резца, мм	Поддачи S_0 , мм/об, при глубине резания t , мм		
		2	3	5
10	50	0,08	–	–
12	60	0,10	0,08	–
16	80	0,1...0,2	0,15	0,1
20	100	0,5...0,3	0,15...0,25	0,12...0,2

Таблица А.23 – Скорость резания $V_{табл}$ при нарезании резьбы метчиками из быстрорежущей стали

Диаметр резьбы d , мм	Скорость резания $V_{табл}$, м/мин, при шаге резьбы P , мм					
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2
3...6	6	7	8	–	–	–
8...10	7	8	9	9	10	–
12...16	8	9	10	10	11	11
18...24	9	10	11	–	13	13
Св. 27	–	11	12	–	14	13

Таблица А.24 – Поддачи S_0 табл при однократном окончательном фрезеровании зубьев червячными фрезами

Модуль m , мм	Число заходов фрезы ε	Поддачи S_0 табл, мм/об, при числе зубьев детали Z_d		
		до 20	21...45	св. 45
2...5	1	1,6	2,1	2,4
2...5	2	1,2	1,6	1,8

Таблица А.25 – Скорости резания $V_{табл}$ при нарезании резьбы круглыми плашками

Диаметр резьбы d , мм	6	8	10	12	16	20	24
Скорость $V_{табл}$, м/мин	3,5	3,4	4,5	4,6	4,8	5,9	6,0

Таблица А.26 – Поправочные коэффициенты K_{mv} к скорости при нарезании резьбы плашками

Группа стали	Углеродистая			Легированная	
	107...133	139...169	170...230	до 200	201...241
Твердость НВ					
K_{mv}	0,6	0,7	1,0	0,9	0,8

Таблица А.27 – Скорость резания при нарезании метрической резьбы на стальных деталях твердосплавными резцами (Т15К6) $V_{табл}$

Свойства стали $V_{табл}$, МПа	Шаг резьбы P , мм			
	1,5	2,0	3,0	4,0
510...600	162	150	145	142
601...700	144	133	129	127
701...800	141	130	129	123
801...900	125	116	115	109

Приложение Б (справочное)

Технические характеристики станков

Токарно-винторезный станок 16К20.

Частота вращения шпинделя, мин⁻¹: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Продольные подачи суппорта, мм/об: 0,07; 0,074; 0,084; 0,097; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,17; 0,195; 0,21; 0,23; 0,26; 0,28; 0,3; 0,34; 0,39; 0,43; 0,47; 0,52; 0,61; 0,7; 0,78; 0,87; 0,95; 1,04; 1,14; 1,21; 1,4; 1,58; 1,74; 1,9; 2,08; 2,28; 2,42; 2,8; 3,12; 3,48; 3,8; 4,16.

Вертикально-фрезерный станок 6С12Ц.

Частота вращения шпинделя, мин⁻¹: 13,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Продольные подачи стола, мм/мин: 20; 25; 31,5; 40; 50; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Поперечные подачи стола: 40...1000 мм/мин (см. продольные подачи).

Вертикальные подачи стола, мм/мин (см. продольные подачи).

Вертикально-сверлильный станок 2Н118.

Частота вращения шпинделя, мин⁻¹: 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000; 2800.

Подачи шпинделя, мм/мин: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56.

Приложение В (справочное)

Технические характеристики токарно-фрезерного станка «Энкор Корвет-407»

Токарно-фрезерный станок по металлу «Энкор Корвет-407» предназначен для выполнения токарных, вертикально-фрезерных, сверлильных и шлифовальных работ с заготовками из металла, дерева, пластмассы. Конструктивно данный станок состоит из токарного станка «Корвет-402» и фрезерного станка «Корвет-417».

В режиме токарного станка можно выполнять все виды токарных работ: цилиндрическое, фасонное и коническое точение, торцевание, нарезание метрической и дюймовой резьбы, сверление, растачивание, снятие фаски, выборка галтели.

В режиме фрезерного станка можно выполнять концевое и торцевое фрезерование, сверление и шлифование.

Особенности.

Станок имеет два двигателя:

- 1) для токарной операции – асинхронный;
- 2) для фрезерной операции – коллекторный.

Комплектуется тисками для фрезерных работ.

Токарная обработка.

Номинальная потребляемая мощность двигателя: 750 Вт.

Число скоростей: 6.

Частота вращения шпинделя на холостом ходу: 100; 250; 350; 500; 900; 1800 мин⁻¹.

Расстояние между центрами: 750 мм.

Диаметр сквозного отверстия шпинделя: 20 мм.

Максимальный диаметр обработки над станиной: 220 мм.

Ход поворотного суппорта: 50 мм.

Ход поперечного суппорта: 110 мм.

Шаг нарезаемой дюймовой резьбы: 8...56 дюйм.

Шаг нарезаемой метрической резьбы: 0,5...3 мм.

Скорость автоматической подачи: 0,12...0,33 мм/об.

Максимальная глубина точения за один проход: 0,3 мм.

Радиальное биение шпинделя: 0,01 мм.

Максимальный размер державки резца: 13 × 13 мм.

Фрезерная обработка.

Номинальная потребляемая мощность: 550 Вт.

Максимальный диаметр сверления: 16 мм.

Максимальный диаметр фрезы: 13 мм.

Максимальный диаметр торцевого фрезерования: 25 мм.

Частота вращения шпинделя: 50...1100; 120...2500 мин⁻¹.

Биение шпинделя (радиальное): не более 0,02 мм.