

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-36 01 03  
«Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 621.01  
ББК 34.63  
Т74

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«21» марта 2023 г., протокол № 11

Составитель канд. техн. наук, доц. В. А. Логвин

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной формы обучения.

Учебное издание

## ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	А. А. Подошевка
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 44 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, 2023

## Содержание

Основные правила безопасности при выполнении лабораторных работ .....	4
Лабораторная работа № 1. Технология сборки. Сборка узла станка в лабораторных условиях .....	5
Лабораторная работа № 2. Технология изготовления валов, стаканов, втулок .....	5
Лабораторная работа № 3. Технология изготовления зубчатых колес, червяков и резьбовых поверхностей .....	18
Лабораторная работа № 4. Применение станков с ЧПУ в технологии станкостроения .....	25
Список литературы .....	26
Приложение А .....	28
Приложение Б .....	30

## **Основные правила безопасности при выполнении лабораторных работ**

1 На рабочем месте должно находиться только необходимое для работы на данном станке.

2 Перед пуском станка следует опробовать работу его механизмов вручную. При наличии обнаруженных дефектов станок не включать и принять меры по устранению неисправностей.

3 Обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны быть надежно закреплены.

4 При работе на сверлильных, фрезерных и других станках удерживать заготовку руками категорически запрещается.

5 Необходимо проверить исправность предохранительных ограждений, имеющихся на станке; они должны быть надежно закреплены.

6 Категорически запрещается снимать ограждения во время работы.

7 Проверить закрепления кулачков в патроне; нельзя допускать максимального расхождения кулачков.

8 Проверить обязательно, не оставлен ли ключ в патроне.

9 При работе на токарных станках не разрешается стоять напротив патрона, а при работе на шлифовальных станках – напротив шлифовального круга.

10 Трогать руками вращающиеся инструменты и изделия запрещается.

11 Перед началом работы на шлифовальных станках необходимо проверить шлифовальный круг (отсутствие или наличие трещин).

12 Перед заточкой инструмента на заточном станке проверить, надежно ли закреплен подлокотник. Зазор между подлокотником и абразивным кругом не должен превышать 3 мм (во избежание «подхвата» инструмента и разрыва круга).

13 На заточных и шлифовальных станках без предохранительных кожухов работать категорически запрещается.

14 При работе на заточных станках обязательно пользоваться очками.

15 Измерять деталь во время работы станка не разрешается.

16 Нельзя удалять стружку руками; следует пользоваться крючком, скребком.

17 Перед началом работы необходимо: убрать волосы (под головной убор), застегнуть костюм и обшлага рукавов халата, убрать галстук.

18 Перед началом работы убедиться в наличии заземления и надежности крепления шины к станку.

19 При работе на фрезерных и зуборезных станках запрещается вводить руки в зону движения режущего инструмента.

20 Категорически запрещается пуск станка без разрешения преподавателя или лаборанта.

## **Лабораторная работа № 1. Технология сборки. Сборка узла станка в лабораторных условиях**

**Цель работы** – совершенствование практических навыков студентов в составлении схем сборки, станков, приспособлений и узлов.

### ***Перечень используемого оборудования***

Червячный редуктор привода удаления стружки плоскошлифовального станка.

### ***Порядок выполнения работы***

В соответствии с представленным чертежом узла, видом производства разработать схему сборки, назначить необходимые технические требования на сборку исходя из метода достижения точности замыкающего звена при сборке (ГОСТ 23887–79, ГОСТ 16319–80, ГОСТ 14.320–81, полной взаимозаменяемости, неполной взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости, пригонки, регулирования, сборки с компенсирующими материалами); выбрать вид и организационную форму сборки.

### ***Содержание отчета***

В состав отчета входят: эскиз или ксерокопия чертежа выданного узла, схема сборки, обоснование выбранного метода достижения точности замыкающего звена и рекомендации по виду и организационной форме сборки.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Чем отличается схема сборки от технологической карты сборки?
- 2 С какой целью проводится дифференциация сборочного чертежа на узлы и подузлы?

## **Лабораторная работа № 2. Технология изготовления валов, стаканов, втулок**

**Цель работы** – приобрести практические навыки в настройке и наладке токарных, шлифовальных и фрезерных станков для обработки деталей типа тела вращения с  $L > 3D$ .

### ***Технологический процесс изготовления вала***

Разработка технологического процесса изготовления вала включает следующие этапы:

- выбор метода получения заготовки;
- подготовка технологических баз (обработка торцов и сверление центральных отверстий);
- черновая токарная обработка;
- чистовая токарная обработка; фрезерование шлицев (при наличии шлицевого венца на валу);
- фрезерование шпоночных пазов, лысок, уступов и других элементов;
- сверление отверстий, зенкование фасок, нарезание резьбы;
- термическая обработка;
- шлифование поверхностей вала.

Заготовки валов в зависимости от их формы и объема выпуска получают одним из следующих методов:

- отрезкой из круглого проката;
- штамповкой на кривошипных горячештамповочных прессах;
- штамповкой на горизонтально-ковочных машинах.

Токарная обработка валов в крупносерийном и массовом производствах выполняется, как правило, на многорезцовых токарных полуавтоматах или гидроконтрольных токарных полуавтоматах. В серийном производстве токарная обработка валов может быть выполнена на универсальных токарных станках или токарных станках с ЧПУ.

На занятиях каждый студент получает индивидуальное задание (чертеж вала).

Примеры оформления технологических документов приведены на рисунках А.1–А.3.

**1 Чертеж детали.** В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж вала. Вариант задается преподавателем. Чертеж выполняется на развороте ученической тетради или отдельном листе, вклеенном в тетрадь. Механические характеристики марок стали приведены в таблице Б.1.

**2 Выбор заготовки.** Все детали, на которые разрабатываются технологические процессы, студенты изготавливают в лабораторных условиях по одной штуке. Заготовками для всех вариантов валов является горячекатаный круглый прокат (ГОСТ 2590–71). Сортамент, размеры и допускаемые отклонения горячекатаного проката приведены в таблице Б.2.

В зависимости от наибольшего диаметра вала и количества рабочих ходов, необходимых для его обработки, выбирается диаметр заготовки из проката.

Длина заготовки определяется по длине вала с учетом припусков на обработку торцов. Предельные отклонения на длину заготовки зависят от способа резки проката и приведены в таблице Б.3. В отчете вычерчивается эскиз заготовки. Внутри заготовки тонкими линиями изображается контур детали. Размеры заготовки (длина и диаметр) проставляются с предельными отклонениями. Пример эскиза заготовки приведен на рисунке 1.

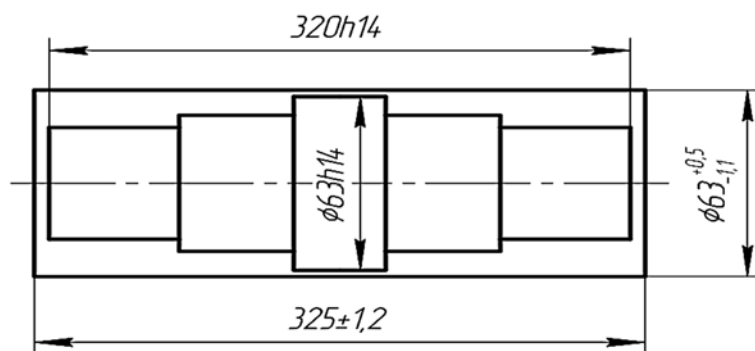


Рисунок 1 – Эскиз заготовки вала

**3 Маршрутный техпроцесс.** Маршрутный техпроцесс разрабатывается с учетом наличного парка станков лаборатории, в состав которого входят: токарно-винторезный, вертикально-фрезерный, радиально-сверлильный, вертикально-сверлильный, зубофрезерный, зубодолбежный, зубострогальный и круглошлифовальный станки. Предварительно каждый студент намечает план обработки детали, т. е. последовательность обработки поверхностей, и определяет необходимость черновой, чистовой и отделочной обработки для всех поверхностей, руководствуясь рекомендациями, изложенными в таблице 1.

Таблица 1 – Точность и шероховатость поверхности при различных видах обработки

Вид обработки	$R_a$ , мкм	Квалитет
Обтачивание наружных поверхностей:		
обдирочное	100...25	17...15
черновое (однократное)	12,5...6,3	14...12
чистовое	3,2...1,6	9...7
тонкое (алмазное)	0,8...0,4	6
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
Шлифование:		
чистовое	1,6...0,8	8...6
получистовое	6,3...3,2	11...8
тонкое	0,4...0,2	5
Сверление и рассверливание	25...12,5	14...12
Зенкерование (после сверления)	6,3...3,2	11...10
Фрезерование концевой фрезой (однократное)	25...6,3	14...12

На основании этого плана составляется маршрутный техпроцесс и оформляется в виде таблицы 2. Таблицу целесообразно разместить на развороте тетради.

Таблица 2 – Маршрутный техпроцесс вала

Наименование операции и содержание переходов	Модель станка	Режущий инструмент	Технологическая база
05 Токарная	16К20		
<i>Установ А</i>			
Подрезка торца		Резец проходной	Наружная поверхность
Сверление центрального отверстия		Сверло центровочное	Наружная поверхность
<i>Установ Б</i>			
Подрезка торца		Резец проходной	Наружная поверхность
Сверление центрального отверстия		Сверло центровочное	Наружная поверхность
<i>Установ В</i>			
Черновое точение поверхностей $\varnothing 30, \varnothing 50$		Резец проходной	Центровые отверстия
Чистовое точение поверхностей $\varnothing 30$		Резец проходной	Центровые отверстия

**4 Расчет режимов резания для токарных операций.** Расчет режимов резания начинается с записи всех исходных данных, которые целесообразно располагать в следующей последовательности.

При наличии нескольких переходов в операции исходные данные записываются для каждого перехода:

- наименование и номер операции;
- наименование и модель станка;
- марка и свойства обрабатываемого материала ( $\sigma_s, HB$ );
- наименование и марка материала режущего инструмента;
- содержание перехода.

**4.1 Определение глубины резания.** При обработке поверхности за один рабочий ход глубина резания принимается равной припуску, т. е.  $t = Z$ .

При многопроходной обработке предварительно составляется схема обработки (рисунок 2), из которой определяется глубина резания для всех черновых (предварительных) и чистового рабочих ходов.

После установления глубины резания для каждого рабочего хода определяется подача  $S$ .

**4.2 Определение подачи.** Величина подачи зависит от марки обрабатываемого материала, марки материала режущего инструмента, жесткости технологической системы, прочности пластинки твердого сплава и державки резца, вида обработки (черновое или чистовое точение).

При черновом точении подача определяется по формуле

$$S_0 = S_{табл} \cdot K_{ms}, \quad (1)$$

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



$K_{ms}$  – коэффициент, зависящий от свойства обрабатываемого материала. Значения  $S_{табл}$  и  $K_{ms}$  приведены в таблицах Б.4 и Б.5.

Найденное значение  $S_0$  корректируется и окончательно принимается по паспорту станка.

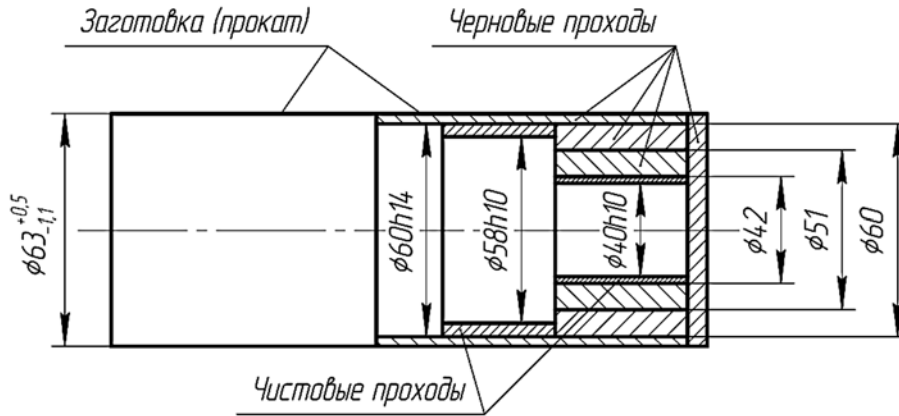


Рисунок 2 – Схема токарной обработки вала

**4.3 Пример расчета подачи для черновой обработки поверхности диаметром 50 (заготовка имеет диаметр 58).** Марка материала детали – сталь 40Х ( $\sigma_s = 980$  МПа). Материал режущей пластинки резца – твердый сплав марки Т5К10. Глубина резания  $t = 4$  мм.

По таблице Б.4 находим рекомендуемые значения подач  $S_{табл} = 0,4 \dots 0,8$  мм/об. По таблице Б.5 находим поправочный коэффициент  $K_{ms} = 1,25$ . Тогда

$$S_0 = 0,6 \cdot 1,25 = 0,75.$$

По паспорту токарно-винторезного станка 16К20 принимаем ближайшую, меньшую подачу  $S_0 = 0,7$  мм/об.

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

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

**4.4 Расчёт скорости резания.** При расчёте скорости в качестве расчётного диаметра принимается наибольший диаметр заготовки. Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V_p = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2)$$

где  $V_{табл}$  – табличное значение скорости, м/с;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твёрдого сплава;

$K_3$  – коэффициент, зависящий от вида обработки.

Значение  $V_{табл}$ , м/с, и коэффициента  $K_1$  приведены в таблицах Б.9–Б.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  $V_p$ , м/с, определяется расчетная частота вращения шпинделя  $n_p$ , мин<sup>-1</sup>, по формуле

$$n_p = \frac{60000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (3)$$

где  $D$  – наибольший диаметр заготовки, мм.

Действительная частота вращения шпинделя  $n_\partial$  принимается по паспорту станка, по которому рассчитывается действительная скорость резания

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{60000}. \quad (4)$$

**4.5 Пример расчёта скорости резания.** В примере расчёта подачи была определена подача  $S_0 = 0,7$  мм/об при обработке заготовки диаметром 58 из стали 40X ( $\sigma_s = 980$  МПа,  $HB_{max} = 217$ ). Глубина резания  $t = 4$  мм. По таблице Б.9 находим значение скорости  $V_{табл} = 1,58$  м/с, при этом поправочный коэффициент  $K_1 = 0,9$  (см. таблицу Б.11). Тогда вычисляем расчётное значение скорости

$$V_p = 1,58 \cdot 0,9 = 1,42.$$

Расчетная частота вращения шпинделя

$$n_p = \frac{60000 \cdot 1,42}{3,14 \cdot 58} = 468.$$

По паспорту станка 16К20 принимаем действительную частоту вращения шпинделя  $n_\partial = 400$  мин<sup>-1</sup>. Тогда действительная скорость резания

$$V_\partial = \frac{3,14 \cdot 58 \cdot 400}{60000} = 1,21.$$

**4.6 Сверление центровых отверстий.** Центровые отверстия являются искусственными технологическими базами. Поэтому их размеры и формы определяет технолог в процессе 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. Свёрла выпускаются следующих диаметров: 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 3.

Таблица 3 – Диаметры центровых отверстий и валов (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

При отсутствии центровочного сверла центровое отверстие может быть обработано набором инструментов: сверлом и зенковкой; сверлом и сверлом большего диаметра с углом заточки  $2\varphi = 60^\circ$ .

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

**4.7 Расчет режимов резания при сверлении.** При сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла, т. е.  $t = D/2$ .

Подача выбирается из таблицы Б.12 и окончательно принимается после уточнения по паспорту станка. Скорость резания при сверлении рассчитывается по формуле

$$V_p = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (5)$$

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала (таблица Б.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 Б.15).

По полученному значению скорости рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{60000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}. \quad (6)$$

Значение  $n_p$  корректируется по паспорту станка, принимается ближайшая, меньшая частота  $n_\partial$ . В заключение рассчитывается действительное значение скорости резания

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{60000}. \quad (7)$$

**5 Расчёт режимов резания для фрезерных операций.** Во всех вариантах задания имеются поверхности, которые можно обработать концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке.

Глубина резания при фрезеровании определяется величиной общего

припуска  $Z_o$  и числа рабочих ходов, необходимых для его снятия.

**5.1 Выбор подачи.** В отличие от других видов обработки при фрезеровании нормируется подача на один зуб фрезы  $S_z$ . Нормативные значения  $S_z$  приведены в таблице Б.16.

Скорость резания определяется по формуле

$$V_p = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (8)$$

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от размеров обработки;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости 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, по таблице Б.14.

По полученному значению скорости рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{60000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi}, \quad (9)$$

где  $D_\phi$  – диаметр фрезы (принимается по фрезам, имеющимся в лаборатории или из таблиц 4 и 5).

Таблица 4 – Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 17025–71)

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

Значение  $n_p$  уточняется по паспорту станка и принимается ближайшее меньшее.

Таблица 5 – Фрезы концевые с коническим хвостовиком (ГОСТ 17026–71)

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

По принятой частоте вращения шпинделя рассчитывается действительная скорость резания

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\partial}{60000}. \quad (10)$$

По принятой частоте вращения шпинделя рассчитывается минутная подача

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_d, \quad (11)$$

где  $Z$  – число зубьев фрезы.

В коробках подач фрезерных станков устанавливается минутная подача, а не подача на оборот, как у других станков. Поэтому полученное значение минутной подачи уточняется по паспорту станка (принимается ближайшая меньшая подача). По принятым минутной подаче  $S_m$  и частоте вращения шпинделя  $n_p$  окончательно рассчитывается подача на один зуб фрезы:

$$S_z = \frac{S_m}{Z \cdot n_d}. \quad (12)$$

**6 Расчет режимов резания при шлифовании.** На поверхностях шеек валов, подлежащих шлифованию, при токарной обработке оставляется припуск под шлифование, величина которого приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Припуск под шлифование поверхностей валов

Вид шлифования	Диаметр шлифуемой поверхности $d$ , мм					
	св. 6 до 10	св. 6 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	0,2	0,3
	чистовое	–	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. Расчет 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

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D_{кр} \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (13)$$

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  $V_d$  принимается по таблице Б.18. По этому значению рассчитывается частота вращения детали

$$n = \frac{60000 \cdot V_d}{\pi \cdot d}. \quad (14)$$

Полученное значение частоты вращения детали 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 Б.19, а время выхаживания – по таблице Б.20. Припуск, снимаемый при выхаживании, определяется по таблице Б.21.

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

$$t_o = \frac{1,3 \cdot (Z - Z_{\max})}{S_m} + t_{\text{вых}}. \quad (15)$$

**7 Расчет основного времени.** Для всех операций разработанного технологического процесса основное время рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n}, \quad (16)$$

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

Длина рабочего хода определяется по формуле

$$L_{p.x.} = L_{\text{рез}} + y, \quad (17)$$

где  $L_{\text{рез}}$  – длина резания, мм;

$y$  – величина подвода, врезания и перебега инструмента, мм.

Величину подвода врезания и перебега рассчитывают исходя из 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 основное время рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} i, \quad (18)$$

где  $i$  – число проходов.

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

$$t_o = \sum_{i=1}^m \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n}. \quad (19)$$

### ***Разработка технологического процесса изготовления стакана (втулки).***

К данному классу деталей относятся полые цилиндры, у которых длина больше диаметра. Характерным признаком таких деталей является концентричное расположение наружных и внутренних поверхностей. Отклонение от соосности названных поверхностей обычно не должно превышать 0,01...0,03 мм. Центральное отверстие стаканов (втулок) может быть гладким или ступенчатым, иметь шпоночный паз или шлицы. Чаще всего стаканы имеют фланец с системой крепежных отверстий.

Разработка технологического процесса изготовления стакана включает следующие этапы:

- выбор метода получения заготовки;
- черновая токарная обработка наружных и внутренних поверхностей;
- чистовая токарная обработка наружных и внутренних поверхностей;
- обработка шпоночного паза или шлицев в отверстии;
- обработка крепежных отверстий;
- термическая обработка;
- шлифование внутренних поверхностей;
- шлифование наружных поверхностей.

Заготовки полых цилиндров могут быть получены:

- отрезкой из круглого проката с последующим сверлением центрального отверстия;
- отрезкой из трубы;
- штамповкой из круглого проката;
- штамповкой из трубы;
- центробежным литьем.

В крупносерийном и массовом производствах черновая и чистовая токарные обработки стаканов выполняются на токарных многошпиндельных горизонтальных или вертикальных полуавтоматах, в серийном производстве – на револьверных или токарных станках с ЧПУ.

Крепежные отверстия стаканов в массовом производстве обрабатываются на многопозиционных агрегатно-сверлильных станках, в серийном производстве – на сверлильных станках с ЧПУ.

Шлифование наружных поверхностей стаканов выполняется на круглошлифовальных станках, а внутренних поверхностей – на внутришлифовальных станках.

На занятиях каждый студент получает индивидуальное задание (чертеж втулки или стакана).

***Чертеж детали.*** В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж стакана (втулки).

***Технологический процесс.*** При разработке технологического процесса изготовления стакана выполнить в последовательности, как для вала (см. пп. 2–4). Особенностью деталей данного класса является наличие центрального отверс-

тия, 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 обычно не превышает 25 мм. Перед сверлением отверстия заготовку целесообразно засверлить центровочным сверлом меньшего диаметра. Растачивание можно выполнить тогда, когда в предварительно рассверленном отверстии может разместиться расточной резец.

***Режимы резания при сверлении и растачивании отверстий.*** При расчете режимов резания для засверливания, сверления и рассверливания следует руководствоваться ранее изложенными указаниями в п. 4.7. Глубина резания при рассверливании

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где  $D$  – диаметр рассверливания, мм,

$d$  – диаметр отверстия после сверления, мм.

Подача при рассверливании принимается 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 при растачивании приведены в таблице Б.22. Скорость резания при растачивании рассчитывается по формуле (2) с учетом значения коэффициента  $K_3 = 0,85$ .

Расчет режимов резания выполняется в соответствии с методикой, изложенной ранее.

***Режимы резания при нарезании резьбы метчиками.*** Отверстия под резьбу в деталях обрабатывают сверлением. Размеры отверстий, предельные отклонения и диаметры сверл приведены в таблице 7.

Нарезание резьбы метчиками выполняют в два прохода: черновой и чистовой. Ручные и машинно-ручные метчики выпускаются комплектом, состоящим из двух метчиков: черного и чистового. Маркируются они соответственно одной (–) или двумя (=) линиями на хвостовике метчика.

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

$$V_p = V_{табл} \cdot K_m, \quad (20)$$



где  $V_{табл}$  – табличное значение скорости резания, м/с;

$K_m$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

Таблица 7 – Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы с крупным шагом (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		предельное отклонение		
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

Значения  $V_{табл}$ , м/с, приведены в таблице Б.23.

Коэффициент  $K_m$  принимается 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 формулам (6) и (7).

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

$$t_o = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S_o \cdot n_o}$$

### ***Перечень используемого оборудования***

Вал, втулка, стакан.

### ***Порядок выполнения работы***

Исходя из требований чертежа, программы выпуска и в соответствии с разработанной технологической документацией подобрать необходимую технологическую оснастку (приспособления, вспомогательные, режущие и мерительные инструменты) для обработки различных поверхностей вала на токарном и фрезерном станке. Определить порядок базирования и закрепления на станке приспособления, вспомогательного и режущего инструментов, а также метод

обеспечения размера статической настройки технологической системы для получения заданного размера на детали после обработки и способы подстройки. Обосновать способ получения и базирования заготовки на станке. Определить порядок настройки кинематических цепей станков (привода главного движения и привода подач) на обеспечение оптимальных режимов согласно разработанным технологическим картам. Закрепить заготовку на станке и произвести обработку под наблюдением учебного мастера (техника, лаборанта). Текущий контроль обработанных поверхностей детали выполнять между технологическими операциями и переходами. Окончательный контроль детали произвести при помощи имеющихся технических средств измерений.

### ***Содержание отчета***

При выполнении отчета необходимо отобразить: эскиз детали, все необходимые технологические расчеты, приложить комплект технологической документации, заключение о годности обработанной детали. Все расчеты и эскизы выполняются в отдельной ученической тетради. Технологический процесс оформляется на стандартных бланках ЕСТД или на бланках, расчерченных в тетради. Эскизы и схемы выполняются в произвольном масштабе с использованием чертежных принадлежностей. В случае получения бракованной детали приводится анализ причин появления брака и методы их устранения.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Основные признаки технологичности вала.
- 2 Основные признаки технологичности стакана.
- 3 Основные признаки технологичности втулки.

## **Лабораторная работа № 3. Технология изготовления зубчатых колес, червяков и резьбовых поверхностей**

**Цель работы** – приобрести практические навыки в настройке и наладке токарно-винторезных, шлифовальных и зубообрабатывающих станков для обработки деталей, имеющих зубчатые и винтовые поверхности.

### ***Технологический процесс изготовления зубчатого колеса***

Технологический процесс изготовления зубчатого колеса в наибольшей степени зависит от его точности. Стандартом установлены 12 степеней точности зубчатых колес. Наиболее распространенными в станкостроении являются зубчатые колеса 6...8 степеней точности. При этом следует иметь в виду, что термическая обработка зубчатого колеса снижает его точность примерно на одну степень.

Разработка технологического процесса изготовления зубчатого колеса включает следующие этапы:

- выбор метода получения заготовки;
- черновая и чистовая токарные обработки заготовки зубчатого колеса;
- обработка зубьев (зубофрезерование или зубодолбление);
- термическая обработка;
- шлифование отверстия;
- отделочная обработка зубьев (шлифование, хонингование, притирка, обкатка).

Заготовки зубчатых колес в зависимости от их формы и объема выпуска могут быть получены отрезкой из круглого проката или штамповкой. Если заготовка не имеет отверстия, то в технологическом процессе необходимо предусмотреть операцию его сверления и растачивания.

Токарная обработка заготовок зубчатых колес в массовом производстве выполняется, как правило, на многошпиндельных токарных вертикальных или горизонтальных полуавтоматах, в серийном производстве – на токарных станках с ЧПУ.

Обработка зубьев зубчатых колес может быть выполнена на зубофрезерных станках червячной фрезой или на зубодолбежных станках долбяком.

Количество и состав отдельных операций зубьев зубчатых колес зависит от наличия или отсутствия термической обработки и от степени точности зубчатого колеса.

Чертежи зубчатых колес выдаются преподавателем.

### *Технологический процесс изготовления крепежной детали*

К крепежным деталям относятся болты, винты, гайки и другие детали, содержащие резьбу. Резьба может быть метрической, дюймовой, трубной или конической.

Разработка технологического процесса изготовления крепежных деталей с наружной резьбой (болтов, винтов) включает следующие этапы:

- выбор метода получения заготовки;
- обработка наружных поверхностей;
- обработка специальных элементов (пазов, отверстий, лысок, и т. п.);
- нарезание резьбы.

В массовом производстве заготовки болтов и винтов получают штамповкой электровысадочным методом. Резьбу в таких условиях получают обычно накаткой на резьбонакатных станках.

В серийном производстве заготовки болтов и винтов получают отрезкой из сортового проката. Обработку наружных поверхностей и нарезание резьбы, как правило, выполняют на токарно-револьверных станках резцами и плашками.

Разработка технологического процесса крепежных деталей с внутренней резьбой (гаек) включает следующие этапы:

- выбор метода получения заготовки;
- обработка наружных поверхностей;
- обработка специальных элементов (пазов, рифлений, шлицов, отверстий и т. п.);
- нарезание резьбы.

Гайки и другие подобные детали, как правило, обрабатывают на токарно-револьверных станках. Нарезание резьбы выполняют метчиками.

Варианты заданий в виде чертежей для студентов выдает преподаватель.

### **Разработка технологического процесса изготовления зубчатого колеса**

**Чертеж детали.** В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж шестерни.

**Технологический процесс.** При разработке технологического процесса изготовления шестерни выполнить в последовательности, как для вала (см. пп. 2–4 лабораторной работы № 2).

Расчет режимов резания па токарные операции (переходы) производить в соответствии с вышеизложенными указаниями в п. 4 лабораторной работы № 2.

Обработку центрального отверстия шестерни производить как при сверлении и рассверливании.

**Режимы резания при фрезеровании зубьев.** Обработка зубьев шестерни в лабораторных условиях выполняется на зубофрезерном станке червячной фрезой.

Основные параметры червячной фрезы выбираются из таблицы 8 и записываются в исходные данные для расчета режимов резания.

Таблица 8 – Основные размеры червячных фрез типа 2 (ГОСТ 9324–80)

Модуль $m$ , мм	Наружный диаметр $D$ , мм	Диаметр отверстия $d$ , мм	Число зубьев $Z$
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:

$$S_0 = S_{\text{отабл}} \cdot K_s, \quad (21)$$

где  $S_{\text{отабл}}$  – табличное значение подачи (принимается по таблице Б.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 принимается его окончательное значение.

Скорость резания при фрезеровании рассчитывается по формуле

$$V_p = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (22)$$

где  $V_{табл}$  – табличное значение скорости,  $V_{табл} = 0,67$  м/с;

$K_1$  – 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

$$n_p = \frac{60000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi}, \quad (23)$$

где  $D_\phi$  – диаметр червячной фрезы, мм.

Полученное значение частоты вращения уточняется по паспорту станка и рассчитывается действительная скорость резания

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\partial}{60000}. \quad (24)$$

Основное время при зубофрезеровании червячными фрезами рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L_{р.х.} \cdot Z_D}{S_o \cdot n_n \cdot \varepsilon \cdot q}, \quad (25)$$

где  $Z_D$  – число зубьев детали;

$L_{р.х.}$  – длина рабочего хода фрезы, мм;

$\varepsilon$  – число заходов фрезы;

$q$  – количество, одновременно обрабатываемых деталей.

Длина рабочего хода при зубофрезеровании рассчитывается по формуле

$$L_{р.х.} = L_{рез} + y, \quad (26)$$

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

$y$  – величина подвода врезания и перебега (принимается по таблице 9).

Таблица 9 – Суммарная величина врезания и перебега при зубофрезеровании червячными фрезами прямозубых цилиндрических зубчатых колес

Модуль $m$ , мм	Диаметр фрезы $D$ , мм	Врезание и перебег $u$ , мм
1,0	40	14
1,5; 2,0	63	17
2,5; 2,75	71	25
3,0; 3,5	80	29
4,0; 4,5	90	34
5,0	100	38
6,0	112	44
8,0	140	48

### Разработка технологического процесса изготовления крепежных деталей

**Чертеж детали.** В соответствии со своим вариантом в отчете вычерчивается чертеж крепежной детали (болта, винта, гайки).

**Технологический процесс.** При разработке технологического процесса изготовления крепежной детали выполнить последовательно пп. 2–4 лабораторной работы № 2.

Проектирование токарных операций выполнять на основании рекомендаций, изложенных в п. 4, фрезерных операций – в п. 5.

**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 10.

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

$$V_p = V_{табл} \cdot K_{mv}, \quad (27)$$

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

$K_{mv}$  – поправочный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала (принимается по таблице Б.26).

Частота вращения шпинделя, действительная скорость резания и основное время рассчитываются так же, как и при нарезании резьбы метчиками.

Таблица 10 – Диаметры стержней под нарезание метрической резьбы с крупным шагом

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг резьбы $P$ , мм	Поле допуска резьбы							
		Номинальный размер				Предельное отклонение	Номинальный размер		Предельное отклонение
		$6h$	$6q$	$6e$	$6d$	$6h, 6q, 6e, 6d$	$8h$	$8q$	$8h, 8q$
5	0,8	4,94	4,92	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	11,83	–0,29
16	2,0	15,84	15,80	15,77	15,77	–0,13	15,84	15,80	–0,29
20	2,5	19,84	19,80	19,76	19,76	–0,13	19,84	19,80	–0,37
24	3,0	23,84	23,79	23,75	23,73	–0,16	23,84	23,79	–0,44

**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 11.

Таблица 11 – Количество рабочих ходов при нарезании метрической резьбы на стальных деталях твердосплавными резцами (Т15К6)

Свойство стали $\sigma_s$ , МПа	Вид рабочего хода	Шаг резьбы $P$ , мм				
		1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
$\sigma_s < 700$	Черновой	2	2	3	4	5
$\sigma_s > 700$	Черновой	3	3	5	6	7
	Чистовой	2	2	2	7	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 12 или рассчитывается по формуле

$$h = 0,54125 \cdot P. \quad (28)$$

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

$$V_p = V_{табл} \cdot K_{TV}, \quad (29)$$

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

$K_{TV}$  – коэффициент, зависящий от периода стойкости резца (для практических и лабораторных занятий  $K_{TV} = 1,0$ ).

Таблица 12 – Высота профиля метрической резьбы

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

Частота вращения шпинделя и действительная скорость резания рассчитываются как для обычных токарных работ (см. подп. 4.4).

Основное время рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S_o \cdot n} i, \quad (30)$$

где  $i$  – число рабочих ходов.

### ***Перечень используемого оборудования***

Зубчатое колесо, червяк, вал с резьбовой поверхностью.

### ***Порядок выполнения работы***

Исходя из требований чертежа, программы выпуска и в соответствии с разработанной технологической документацией подобрать необходимую технологическую оснастку (приспособления, вспомогательные, режущие и мерительные инструменты) для обработки различных поверхностей вала на токарном и фрезерном станках. Определить порядок базирования и закрепления на станке приспособления, вспомогательного и режущего инструментов, а также метод обеспечения размера статической настройки технологической системы для получения заданного размера на детали после обработки и способы подстройки. Обосновать способ получения и базирования заготовки на станке. Определить порядок настройки кинематических цепей станков (привода главного движения и привода подач) на обеспечение оптимальных режимов согласно разработанных технологических карт. Закрепить заготовку на станке и произвести обработку под наблюдением учебного мастера (техника, лаборанта). Текущий контроль обработанных поверхностей детали выполнять между технологическими операциями и переходами. Окончательный контроль детали произвести при помощи имеющихся технических средств измерений.



### ***Содержание отчета***

При выполнении отчета необходимо отобразить: эскиз детали, все необходимые технологические расчеты, приложить комплект технологической документации, заключение о годности обработанной детали. В случае получения бракованной детали приводится анализ причин появления брака и методы их устранения.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Основные схемы базирования зубчатого колеса.
- 2 Основные схемы базирования червяка.
- 3 Основные схемы базирования болта, гайки.

## **Лабораторная работа № 4. Применение станков с ЧПУ в технологии станкостроения**

**Цель работы** – ознакомиться и приобрести практические навыки в составлении управляющих программ для станков токарной и фрезерной групп с системой ЧПУ.

### ***Перечень используемого оборудования***

Станок с ЧПУ HAAS.

### ***Порядок выполнения работы***

Ознакомиться с назначением функциональных клавиш клавиатуры и экраном с программной оболочкой. Изучить системы координат, применяемые в станках с ЧПУ. Ознакомиться с основами, структурой, порядком построения и внесением изменений в управляющие программы. Изучить порядок оформления и использования стандартных циклов для управляющих программ.

### ***Содержание отчета***

При выполнении отчета необходимо отобразить эскиз или приложить ксерокопию клавиатуры и экрана с пояснениями функционального назначения клавиш и областей экрана с программной оболочкой, все необходимые технологические расчеты; приложить комплект технологической документации; привести системы координат, применяемые в станках с ЧПУ и дать пояснение о возможности и порядке их применения; на примере управляющей программы дать пояснения о структуре, порядке построения и внесения изменений в управляющие программы.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Основные отличительные признаки систем координат станков с ЧПУ.
- 2 Назначение функциональных клавиш клавиатуры.

### **Список литературы**

- 1 Технология машиностроения: сборник задач и упражнений : учебное пособие / В. И. Аверченков [и др.] ; под общ. ред. В. И. Аверченкова и Е. А. Польского. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 304 с.
- 2 **Жолобов, А. А.** Технология машиностроения : учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1: Формообразование деталей и сборка узлов машин / А. А. Жолобов. – Минск : РИВШ, 2020. – 520 с.
- 3 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под общ. ред. А. А. Жолобова, В. И. Аверченкова. – 2-е изд., стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 444 с.
- 4 Технология машиностроения: учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск: Новое знание, 2008. – 478 с.
- 5 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под общ. ред. А. А. Жолобова, В. И. Аверченкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2015. – 444 с.
- 6 Технология машиностроения. Практикум : учебное пособие / Под ред. А. А. Жолобова. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.
- 7 **Балабанов, А. Н.** Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва : Изд-во стандартов, 1992. – 460 с.
- 8 **Жолобов, А. А.** Технология автоматизированного производства: учебник для вузов / А. А. Жолобов. – Минск: ДизайнПРО, 2000. – 624 с.
- 9 **Клименков, С. С.** Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебник / С. С. Клименков. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 407 с.
- 10 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / В. И. Баранчиков [и др.]; под общ. ред. В. И. Баранчикова. – Москва: Машиностроение, 1990. – 400 с.
- 11 Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 655 с.
- 12 Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 495 с.
- 13 Технология автоматизированного производства / Под ред. А. А. Жолобова. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – Т. 2. – 624 с.
- 14 **Фельдштейн, Е. Э.** Обработка деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2005. – 287 с.
- 15 Общие правила оформления конструкторско-технологической документации: методические рекомендации для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование

машиностроительного производства» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Сост. В. М. Шеменков, С. Н. Хатетовский, М. А. Белая. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 48 с.

16 Технологическое обеспечение машиностроительного производства: учебное пособие / В. А. Логвин [и др.] ; под ред. Ж. А. Мрочка. – Минск : РИВШ, 2021. – 560 с.

17 Технология машиностроения : учебное пособие: в 2 ч. Ч. 2: Высокоэффективные технологии и оборудование современных производств / А. А. Жолобов [и др.] ; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : РИВШ, 2020. – 480 с.

## Приложение А (справочное)

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2

Дубль		Взам		Подп													
Разработ		Иванов															
Провер		Петров															
Исполн																	
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тлз	Тшт
КМ	Наименование детали, сб единицы или материала						Обозначение, код										
Р							ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрск						
А 01				05	Токарная			ИОТ									
Б 02					16К20							1		1		7,6	5,4
03																	
А 04				10	Токарная			ИОТ									
Б 05					16К20							1		1		6,3	4,6
06																	
А 07				15	Токарная			ИОТ									
Б 08					16К20							1		1		5,8	4,3
09																	
А 10				20	Вертикально-фрезерная			ИОТ									
Б 11					6М12П							1		1		11,2	7,3
12																	
А 13				25	Вертикально-сверлильная			ИОТ									
Б 14					2Н118							1		1		3,2	1,8
15																	
А 16				30	Контрольная												
МК																	

Рисунок А.1 – Маршрутная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2

Дубль		Взам		Подп													
Разработ		Иванов															
Провер		Петров															
Исполн																	
Материал																	
Исполн																	
Наименование операции		Материал		Твердость		МД		Профиль и размеры		МЗ		КОИД					
Токарная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 143...217		к2		Ø60x230		4,9		1					
Оборудование, инструмент ЧПУ		Обозначение программы		Тл		Тлз		Тшт		Слож							
16К20				4,3		1,2		5,8		12,4		Эмульсия					
Р	ПМ			Д или В		L		t		i		S		n		V	
0 01	1. Точность поверхности, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4, 5																
Т 02	Патрон 7100-0061 ГОСТ 2675-80; резец 2103-0695 Т15К6 ГОСТ 20872-80; микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, штангенциркуль																
03	ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80																
Р 04				45	109	2,5	3	0,18	800	113							
05																	
06	Контроль рабочим 100%																
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
ОК																	

Рисунок А.2 – Операционная карта

Дубль									
Взам									
Лист									
Разраб	Иванов								
Проб	Петров								
Утв									
Н.контр									15

$\sqrt{Ra6,3 (\checkmark)}$

Technical drawing of a shaft with the following dimensions and callouts:

- Callout 1: Diameter of the main section:  $\phi 40_{-0,25}$
- Callout 2: Chamfer angle:  $16 \times 45^\circ$
- Callout 3: Diameter of the smaller section:  $\phi 30_{-0,21}$
- Callout 4: Distance from the left end to the start of the smaller section:  $27 \pm 0,26$
- Callout 5: Total length of the shaft:  $55^{+0,74}$

КЭ

Рисунок А.3 – Карта эскизов

## Приложение Б (справочное)

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

Марка стали	$\sigma_s$ , МПа	НВ <sub>max</sub>
18ХГТ	980	217
50Г	647	229
45	600	229
12ХНЗЛ	932	217
40Х	980	217
15ХМ	441	179
15ХГФ	912	207
30	490	179
30ХМА	932	229
12ХН2	784	207
35	530	207
38ХГН	784	229
35ХМ	932	241
25ХГМ	1176	207
45 Г	618	229
38ХА	932	207
30Г2	588	207
25Х1Т	1275	217
40ХС	1226	255
40ХФА	К83	241

Таблица Б.2 – Сортамент круглого горячекатаного проката (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	
50	+0,4 -1,0	63		85	
		65		90	
		67		95	
		68		100	+0,6 -1,7
		70		105	
72	110				
75	115				
78	120				
–					

Таблица Б.3 – Точность резки круглого проката

Способ резки	Точность резки, мм
На пресс-ножницах (до $\varnothing 200$ )	$\pm 1 \dots \pm 6$
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 Б.4 – Поддачи при черновом наружном точении стали резцами с пластинами из твердого сплава

Диаметр детали, мм	Поддача $S_{табл}$ , 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 Б.5 – Поправочный коэффициент  $K_{MS}$  при черновом точении стали

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

Таблица Б.6 – Поддачи при чистовом точении стали резцами с пластинами из твердого сплава

Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Радиус при вершине резца $r$ , мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
	Поддача $S_{табл}$ , мм/об					
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	0,42	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 Б.7 – Поправочный коэффициент  $K_{ms}$  при чистовом точении стали

Прочность детали $\sigma_{бр}$ , МПа	500...700	701...900	901...1100
$K_{ms}$	0,9	1,0	1,15

Таблица Б.8 – Поддачи при прорезании пазов, канавок и отрезании заготовок

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

Глубина резания $t$ , мм	Подача $S_o$ , мм/об	Скорость резания $V_{табл}$ , м/с, при угле в плане $\phi$ , град		
		45	60	90
До 1	До 0,2	2,67	2,67	2,67
	0,3	2,5	2,5	2,5
	0,4	2,25	2,25	2,25
	0,5	2,17	2,17	2,17
	0,6	2,08	2,08	2,08
	0,8	2,0	2,0	2,0
2,5	До 0,2	2,5	2,5	2,33
	0,3	2,25	2,08	2,0
	0,4	2,08	2,0	1,92
	0,5	1,92	1,83	1,75
	0,6	1,83	1,75	1,67
	0,8	1,67	1,58	1,55
5,0	До 0,2	2,5	2,33	2,08
	0,3	2,17	2,08	1,75
	0,4	2,0	1,92	1,58
	0,5	1,83	1,67	1,5
	0,6	1,67	1,58	1,42
	0,8	1,5	1,42	1,25



Таблица Б.10 – Скорости резания при прорезании пазов, канавок и отрезании заготовок

Подача $S_0$ , мм/об	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
Скорость $V_{табл}$ , м/с	1,83	1,67	1,42	1,28	1,08	0,95	0,87

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

Марка стали	Твердость $HВ_{max}$	$K_1$
30, 35, 40, 45, 50	179, 207, 229	1,1, 1,0, 0,9
40Х, 38ХА, 40ХФА, 40ХС, 15ХМ, 35ХМ	179, 207, 217, 241, 255	1,1, 0,95, 0,9, 0,8, 0,75
30Г2, 45Г, 50Г	207, 229	0,9, 0,8
12ХНЗА, 30ХМА, 12ХН2, 38ХГН, 25ХГМ, 15ХГФ	207, 217, 229	0,9, 0,85, 0,75
18ХГТ, 25ХТ	217	0,8

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

Отношение $L_{рез}/d$	Подача $S_0$ , мм/об, при диаметре сверла $d$ , мм									
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32
$\leq 3$	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* – Таблица дана для сталей  $HВ$  229...270. Для сталей  $HВ < 229$  подачу следует умножить на 1,3, а для сталей  $HВ > 270$  – на 0,8

Таблица Б.13 – Скорость резания при сверлении стали сверлами из быстрорежущей стали

Подача $S$ , мм/об	Скорость резания $V_{табл}$ , м/с, при диаметре сверла $d$ , мм									
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32
До 0,06	0,37	0,43	0,53	36	0,67	0,73	–	–	–	–
0,10	–	0,33	0,4	27	0,5	0,53	0,6	0,67	0,73	0,83
0,15	–	–	0,35	23	0,42	0,45	0,5	0,55	0,6	0,67
0,20	–	–	0,3	19	0,37	0,38	0,43	0,48	0,53	0,57
0,30	–	–	–	16	0,3	0,32	0,37	0,4	0,43	0,48
0,40	–	–	–	–	–	0,28	0,32	0,35	0,38	0,4
0,60	–	–	–	–	–	–	–	0,28	0,3	0,33

Таблица Б.14 – Поправочный коэффициент  $K_2$  к скорости резания при сверлении

Марка стали	Твердость $HB_{max}$	$K_2$
30, 35, 40, 45, 50	179, 207, 229	1,3, 1,0, 0,9
40Х, 38ХА, 40ХФА, 40ХС, 15ХМ, 35ХМ	179, 207, 217, 241, 255	0,95, 0,85, 0,8, 0,7
30Г2, 45Г, 50Г	207, 229	0,7, 0,65
12ХН3А, 30ХМА, 12ХН2, 38ХГН, 25ХГМ, 15ХГФ	207, 217, 229	0,7, 0,75, 0,65
18ХГТ, 25ХТ	217	0,6

Таблица Б.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 Б.16 – Поддачи при фрезеровании стали концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания $t$ , мм	Подача $S_z$ , мм/зуб, при диаметре фрезы $D_\phi$ , мм		
	6	16	$\geq 30$
До 5	0,005...0,01	0,01...0,025	0,05...0,07
10	0,003...0,006	0,008...0,015	0,03...0,05
Св. 20	–	–	0,02...0,04

Таблица Б.17 – Скорость резания при фрезеровании стали концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания $t$ , мм	Скорость резания $V_{табл}$ , м/с, при подаче $S_z$ , мм/зуб				
	до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15
<i>При фрезеровании пазов</i>					
До 5	0,43	0,4	–	–	–
10	0,4	0,38	–	–	–
15	0,38	0,37	–	–	–
<i>При фрезеровании плоскостей</i>					
До 4	–	0,83	0,78	0,7	0,63
10	–	0,8	0,75	0,67	0,6
20	–	0,77	0,72	0,63	0,57

Таблица Б.18 – Скорость вращения детали при шлифовании

Скорость круга $V_{кр}$ , м/с	Скорость вращения детали $V_d$ , м/с, при твердости обрабатываемой детали		
	HRC > 30	HRC 30...50	HRC > 50
30...35	0,33...0,42	0,42...0,58	0,58...0,75
45...50	0,33...0,42	0,5...0,67	0,67...0,83

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

Ширина шлифования $b$ , мм	Подача $S_m$ , мм/мин, при диаметре 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 Б.20 – Время выхаживания при круглом шлифовании

Допуск $T$ на обработку, мм	Время выхаживания $t_{вых}$ , мин, при шероховатости $R_a$ , мкм					
	1,25			0,63		
	Диаметр шлифуемой поверхности $d$ , мм					
	до 16	40	100	До 16	40	100
< 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 Б.21 – Припуск, снимаемый при выхаживании

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 Б.22 – Подачи при растачивании отверстий в стальных деталях резцами с пластинками из твердого сплава

Диаметр сечения резца, мм	Вылет резца, мм	Подача $S_0$ , 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
25	125	0,25...0,5	0,15...0,4	0,12...0,2

Таблица Б.23 – Скорость резания при нарезании резьбы метчиками из быстрорежущей стали

Диаметр резьбы $d$ , мм	Скорость резания $V_{табл}$ , м/с, при шаге резьбы $P$ , мм					
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0
3...6	0,1	0,12	0,13	–	–	–
8...10	0,12	0,13	0,15	0,15	0,17	–
12...16	0,13	0,15	0,17	0,17	0,18	0,18
18...24	0,15	0,17	0,18	–	0,22	0,22
27 и более	–	0,18	0,2	–	0,23	0,22

Таблица Б.24 – Подачи при однократном окончательном фрезеровании зубьев червячными фрезами

Модуль $m$ , мм	Число заходов фрезы $\varepsilon$	Подача $S_0$ 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 Б.25 – Скорости резания при нарезании

Диаметр резьбы $d$ , мм	6	8	10	12	16	20	24
Скорость $V_{табл}$ , м/с	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,1	0,1

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

Группа стали	Углеродистая			Легированная	
	107...138	139...169	170...230	До 200	201...241
$K_{mv}$	0,6	0,7	1,0	0,9	0,8

Таблица Б.27 – Скорость резания при нарезании метрической резьбы на стальных деталях твердосплавными резцами (Т15К6)

Свойство стали $\sigma_s$ , МПа	Скорость резания $V_{табл}$ , м/с, при шаге резьбы $P$ , мм			
	1,5	2,0	3,0	4,0
510...600	2,7	2,5	2,42	2,37
601...700	2,4	2,22	2,15	2,12
701...800	2,35	2,17	2,15	2,05
801...900	2,08	1,93	1,92	1,82