

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе  
для студентов специальности  
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии  
(по направлениям)»  
заочной 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»  
«31» сентября 2023 г., протокол № 1

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

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации к самостоятельной работе предназначены для студентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)» заочной формы обучения.

Учебное издание

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

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

1 Общие положения .....	4
2 Вопросы к аудиторной контрольной работе .....	4
3 Задача к аудиторной контрольной работе .....	6
Список литературы .....	11

## 1 Общие положения

Цель аудиторной контрольной работы – подтверждение теоретических знаний и практических навыков по дисциплине «Технологии обработки деталей на станках с ЧПУ».

Аудиторная контрольная работа рассчитана на два часа и содержит два вопроса и одну задачу.

Номера вопросов задает преподаватель, исходные данные к задаче выбираются из таблицы 8 по порядковому номеру в списке группы.

## 2 Вопросы к аудиторной контрольной работе

1 Роль конструктора в технологическом обеспечении качества изделий.

2 Роль технолога в изготовлении конкурентоспособных изделий.

3 Изделия машиностроительного производства. Характеристика машиностроительного производства.

4 Производственный и технологический процессы. Структура технологического процесса типы и организационные формы производства.

5 Дифференциация и концентрация технологического процесса.

6 Основные понятия, общие положения при выборе способа изготовления заготовок.

7 Характеристика способов формообразования поверхностей заготовок; заготовки, полученные способами литья.

8 Заготовки, полученные обработкой давлением.

9 Способы получения заготовок сваркой при изготовлении деталей машин.

10 Припуски на механическую обработку основные положения для расчета припусков. Расчет размеров заготовок.

11 Общие понятия о базировании. Классификация баз и их характеристика

12 Способы установки заготовок, правило шести точек.

13 Обоснование выбора технологических баз и способов обработки.

14 Общие понятия и факторы, влияющие на точность механической обработки. Достижимая и экономическая точность.

15 Основные понятия о качестве поверхности. Шероховатость и волнистость поверхности.

16 Наклеп обработанной поверхности. Остаточные напряжения после механической обработки поверхностей.

17 Влияние способов обработки и параметров режима резания на шероховатость и физико-механические свойства поверхности.

18 Влияние качества обработанной поверхности деталей на долговечность работы машин и механизмов.

19 Основные понятия и показатели технологичности конструкции изделия (детали).

20 Технологический контроль конструкторской документации.

21 Классификация технологических процессов. Методология разработки технологических процессов.

22 Типизация технологических процессов и групповая обработка.

23 Техническое нормирование операций механической обработки.

24 Особенности конструкций валов и основные требования к точности их изготовления.

25 Типовые технологические процессы обработки заготовок валов. Технологический процесс изготовления вала в условиях среднесерийного производства.

26 Особенности выполнения основных операций механической обработки валов. Контроль валов.

27 Служебное назначение и типовые конструкции зубчатых колес.

28 Материалы, используемые для изготовления зубчатых колес. Технические требования к зубчатым колесам.

29 Способы получения заготовок зубчатых колес. Основные схемы базирования заготовок зубчатых колес.

30 Типовой технологический процесс изготовления одновенцовых цилиндрических зубчатых колес.

31 Контроль зубчатых колес и зубчатых передач в сборе.

32 Способы обработки материалов резанием и классификация движений в металлорежущих станках.

33 Физические явления, сопровождающие процесс резания.

34 Параметры режима резания.

35 Элементы и геометрия токарных резцов, виды стружек.

36 Обработка поверхностей точением Типы станков токарной группы.

37 Типы токарных резцов. Технология обработки точением.

38 Характеристика способа сверления. Типы сверлильных станков.

39 Режущий инструмент, используемый при сверлении. Технология обработки сверлением.

40 Обработка поверхностей заготовок с использованием расточных станков.

41 Технологические процессы резьбонарезания.

42 Характеристика способа фрезерования. Типы фрезерных станков.

43 Типы фрез и технологическая оснастка фрезерных станков.

44 Характеристика способа шлифования. Характеристика шлифовальных станков.

45 Основные виды шлифовальных работ.

46 Абразивный инструмент, используемый при шлифовании.

47 Способы обработки заготовок зубчатых колес Технологические требования к конструкции зубчатых колес.

48 Полирование поверхностей заготовок.

49 Притирка поверхностей.

50 Хонингование. Суперфиниширование.

51 Понятие об электрофизических и электрохимических способах обработки.

52 Электроэрозионная обработка поверхностей.

53 Электроимпульсная обработка. Высокочастотная электроэрозионная обработка.

- 54 Электроконтактная обработка электрохимические способы обработки.  
 55 Электрохимическое полирование. Электрохимическая размерная обработка.  
 56 Электроабразивная и электроалмазная обработки анодно-механическая обработка.  
 57 Ультразвуковая обработка.  
 58 Обработка световым лучом.  
 59 Плазменная обработка заготовок.  
 60 Электронно-лучевая обработка.  
 61 Технологии электровзрывной обработки.  
 62 Технологии обработки водным лучом.  
 63 Электромагнитоимпульсная обработка.  
 64 Область использования и способы реализации наноразмерной обработки.  
 65 Требования к условиям реализации наноразмерной обработки.  
 66 Средства измерений и метрологическое обеспечение.  
 67 Ускоренное изготовление прототипа изделия.

### 3 Задача к аудиторной контрольной работе

При решении задачи необходимо выполнить расчет режимов резания и настройку сверлильного станка на сверление цилиндрического отверстия (согласно варианту задания).

#### 3.1 Узлы и органы управления

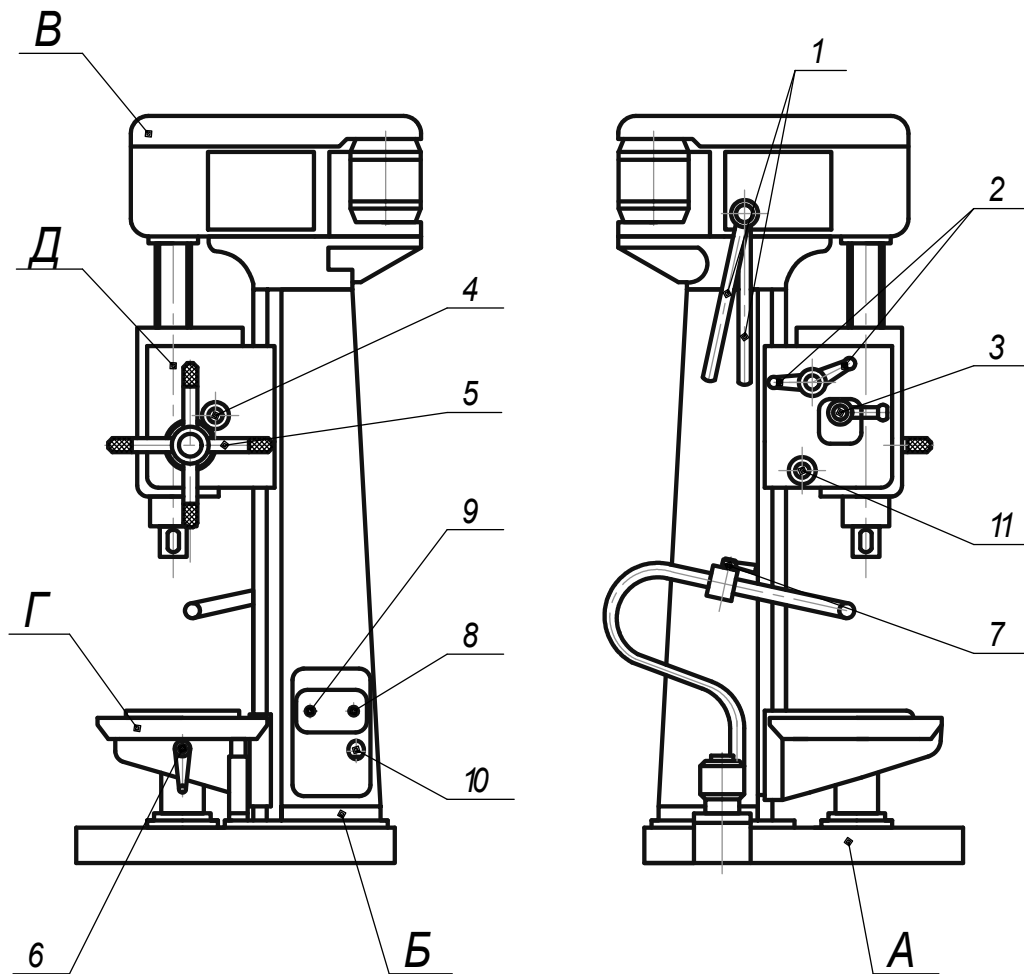
Станок модели 2A125 состоит из узлов, представленных на рисунке 1, основные характеристики станка – в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики станка 2A125

Основные технические характеристики вертикально-сверлильного станка	Значение технической характеристики
1	2
Условный диаметр сверления	25
Конус шпинделя	Морзе № 4
Ход шпинделя, мм	225
Ход шпиндельной бабки, мм	200
Число скоростей шпинделя	9
Величина скоростей шпинделя, мин	68; 100; 140; 195; 275; 400; 530; 750; 1100
Число подач	11
Величины подач, мм/об	0,12; 0,15; 0,2; 0,25; 0,32; 0,43; 0,57; 0,725; 0,96; 1,22; 1,6
Электрический реверс	Ручной и автоматический
Ход стола, мм	325

## Окончание таблицы 1

1	2
Размер рабочей поверхности стола, мм	450×500
Электродвигатель: мощность, кВт частота вращения, мин род тока	4,0 2860 Трехфазный, переменный, 380 В
Габариты станка (длина × ширина × высота), мм	1280 × 838 × 2500
Масса станка, кг	1300



А – фундаментальная плита; Б – колонна; В – коробка скоростей; Г – стол; Д – шпиндельная бабка с коробкой подач; 1 – рукоятка переключения; 2 – рукоятки переключения подач; 3 – рукоятка включения электродвигателя; 4 – кулачки автоматического реверса и выключения подачи; 5 – штурвал; 6 – рукоятка подъема стола; 7 – кран подачи СОЖ; 8 – выключатель местного освещения; 9 – сетевой выключатель; 10 – квадрат подъема шпиндельной бабки

Рисунок 1 – Общий вид станка модели 2А125

### 3.2 Настройка станка для обработки отверстий

3.2.1 *Параметры режима резания.* Глубина резания  $t$ . При сверлении в сплошном металле  $t = D/2$  мм, при зенкеровании, рассверливании и развертывании  $t = 0,5 (D - d)$ .

Подача  $S$  равна перемещению сверла или заготовки по оси за один оборот (сверла или заготовки) и измеряется в миллиметрах на оборот.

Скорость резания при сверлении  $V$ , м/мин, определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v, \quad (1)$$

где  $k_v$  – общий поправочный коэффициент;  
 $C_v$  – постоянный коэффициент (таблица 2);  
 $q, m, y$  – степенные коэффициенты (см. таблицу 2);  
 $D$  – диаметр инструмента, мм;  
 $T$  – период стойкости инструмента (таблица 3), мин;  
 $S$  – подача инструмента (таблица 4), мм/об.

$$k_v = k_{lv} \cdot k_{mv} \cdot k_{uv}, \quad (2)$$

где  $k_{mv}$  – поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (таблица 5);

$k_{lv}$  – поправочный коэффициент, зависящий от глубины сверления (таблица 6);

$k_{uv}$  – поправочный коэффициент, зависящий от материала (таблица 7).

Таблица 2 – Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача, мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			$S$	$C_v$	$y$	$m$	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,20	Есть
		$> 0,2$	9,8		0,50		
Сталь жаропрочная	P6M5	–	3,5	0,5	0,45	0,12	
Чугун серый, 190 НВ	P6M5	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125	Нет
		$> 0,3$	17,1		0,40		
	ВК8	–	34,2	0,45	0,30	0,20	Нет
Чугун ковкий, 150 НВ	P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,125	Есть
		$> 0,3$	25,3		0,40		
	ВК8	–	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет



Таблица 3 – Средние значения периода стойкости сверл  $T$ 

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость $T$ , мин, при диаметре инструмента, мм							
			До 5	6... 10	11... 20	21... 30	31... 40	41... 50	51... 60	61... 80
Сверло (сверление и рас-сверливание)	Конструкционная, углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	–
		Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	–	–
Сверло (сверление и рас-сверливание)	Серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь	20	35	60	75	105	140	170	–
		Твердый сплав	15	25	45	50	70	90	–	–

Таблица 4 – Подача при сверлении сверлами из стали Р6М5

Диаметр сверл, мм	Сталь				Серый и ковкий чугун	
	$\leq 160$ HB	160...240 HB	240...300 HB	$> 300$ HB	HB $\leq 170$	HB $\geq 170$
2...4	0,09...0,13	0,008...0,10	0,006...0,007	0,04...0,06	0,12...0,18	0,09...0,12
4...6	0,13...0,19	0,10...0,15	0,007...0,11	0,06...0,09	0,18...0,27	0,12...0,18
6...8	0,19...0,26	0,15...0,20	0,11...0,14	0,09...0,12	0,27...0,36	0,18...0,24
8...10	0,26...0,32	0,20...0,25	0,14...0,17	0,12...0,15	0,36...0,45	0,24...0,31
10...12	0,32...0,36	0,25...0,28	0,17...0,20	0,15...0,17	0,45...0,55	0,31...0,35
12...16	0,36...0,43	0,28...0,33	0,20...0,23	0,17...0,20	0,55...0,66	0,35...0,41
16...20	0,43...0,49	0,33...0,38	0,23...0,27	0,20...0,23	0,66...0,76	0,41...0,47
20...25	0,49...0,58	0,38...0,43	0,27...0,32	0,23...0,26	0,76...0,89	0,47...0,54
25...30	0,58...0,62	0,43...0,48	0,32...0,35	0,26...0,29	0,89...0,96	0,54...0,60
30...40	0,62...0,78	0,48...0,58	0,35...0,42	0,29...0,35	0,96...1,19	0,60...0,71
40...50	0,78...0,89	0,58...0,66	0,42...0,48	0,35...0,40	1,19...1,36	0,71...0

Таблица 5 – Поправочный коэффициент скорости резания  $k_{mv}$ 

Твердость HB	100...120	120...140	140... 150	140... 160	150... 180	160... 180	180... 200	200... 220	220... 240	240... 260
Чугун серый	–	1,63	1,45	1,35	1,20	1,15	1,0	0,85	0,77	0,69
Чугун ковкий	1,83	1,46	1,22	1,12	0,94	0,92	0,88	–	–	–

Таблица 6 – Поправочный коэффициент скорости резания  $k_{lv}$  на глубину сверления

Параметр	Сверление					Рассверливание, зенкерование, развёртывание
	3D	4D	5D	6D	8D	
Глубина обрабатываемого отверстия						–
Коэффициент $k_{lv}$	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Таблица 7 – Поправочный коэффициент скорости резания  $k_{uv}$ 

Обрабатываемый материал	Значение коэффициента $k_{uv}$ в зависимости от марки инструментального материала					
	T5K12 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,0	T30K4 1,4	BK8 0,4
Сталь конструкционная						
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P6M5 0,3	–	
Сталь закаленная	35...50 HRC				35...50 HRC	
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	–	

3.2.2 *Настройка станка.* Для настройки станка необходимо.

1 Определить глубину резания согласно заданию (см. таблицу 8) и выбрать подачу (см. таблицу 2).

Таблица 8 – Исходные данные

Вариант	Диаметр отверстия, мм	Материал режущей части	Обрабатываемый материал	Твердость	Глубина сверления, мм
1	8	T15K6	Сталь жаропрочная	160 НВ	15
2	12	P6M5	Сталь конструкционная	180 НВ	24
3	14	BK8	Чугун серый	140 НВ	35
4	16	P6M5	Чугун ковкий	200 НВ	48
5	18	P6M5	Сталь жаропрочная	260 НВ	49
6	10	BK8	Сталь конструкционная	310 НВ	70
7	18	P6M5	Чугун серый	150 НВ	75
8	16	P6M5	Чугун ковкий	180 НВ	75
9	14	T5K10	Сталь жаропрочная	170 НВ	65
10	12	P6M5	Сталь конструкционная	220 НВ	54
11	10	BK8	Чугун серый	165 НВ	45
12	6	P6M5	Чугун ковкий	185 НВ	25
13	22	P6M5	Сталь жаропрочная	280 НВ	65
14	16	P6M5	Сталь конструкционная	190 НВ	60

- 2 По формуле (1) рассчитать скорость сверления.  
3 Рассчитать частоту вращения сверла по формуле

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (3)$$

- 4 По паспорту станка (см. таблицу 1) подобрать частоту вращения сверла.  
5 Найти действительную скорость резания по формуле

$$V_{действ.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{стан.}}{1000}. \quad (4)$$

- 6 Установить частоту вращения сверла и подачу на станке.  
7 Просверлить отверстие.

Для свёрл с режущей частью из твёрдого сплава учитывать поправочный коэффициент на подачу – 0,6.

## Список литературы

- 1 **Балабанов, А. Н.** Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 460 с.
- 2 **Жолобов, А. А.** Технология автоматизированного производства: учебник / А. А. Жолобов. – Минск: ДизайнПРО, 2000. – 624 с.
- 3 **Клименков, С. С.** Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебник / С. С. Клименков. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 407 с.
- 4 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / В. И. Баранчиков [и др.]; под общ. ред. В. И. Баранчикова. – Москва: Машиностроение, 1990. – 400 с.
- 5 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 655 с.
- 6 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 495 с.
- 7 **Фельдштейн, Е. Э.** Обработка деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2005. – 287 с.
- 8 **Металлорежущие станки:** учебник / В. Д. Ефремов [и др.]; под ред. П. И. Ящерицына. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 696 с.
- 9 **Станочное оборудование машиностроительных производств:** учебник: в 2 ч. / А. М. Гаврилин [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – Ч. 1. – 416 с.
- 10 **Станочное оборудование машиностроительных производств:** учебник: в 2 ч. / А. М. Гаврилин [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – Ч. 2. – 408 с.
- 11 **Технологическое обеспечение машиностроительного производства:** учебное пособие / В. А. Логвин [и др.]; под ред. Ж. А. Мрочака. – Минск: РИВШ, 2021. – 560 с.

12 Станки с ЧПУ. Устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка: учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]. – 4-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2020. – 360 с.