

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра подъемно-транспортных, строительных,  
дорожных машин и оборудования**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ПО РЕМОНТУ СДМ**

**Б1.В.ДВ.10.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и  
оборудование**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	7
4.4 Практические занятия.....	7
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	7
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>9</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>9</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>10</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>10</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий.....	11
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>33</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>33</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>34</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>38</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>39</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- изучение теоретических основ организации и технологии ремонта СДМ;
- изучение проблем безопасности при ремонте машин заданного качества в установленном производственной программой количестве при минимальной себестоимости.

## Задачи дисциплины

- изучить вопросы состояния технологии ремонта подъёмно-транспортных, строительных и дорожных машин, перспективы развития;
- дать практические навыки по выбору и обоснованию исходных данных для ремонта ПТ СДМ;
- освоить общую методологию и принципы ремонта сборочных единиц и машин;
- научить решать практические задачи организации ремонта машин.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<b>знать:</b> методики исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; <b>уметь:</b> проводить исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; <b>владеть:</b> методиками исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем;
ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов	<b>знать:</b> основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов; <b>уметь:</b> разрабатывать основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов; <b>владеть:</b> навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.10.01 Технологическое оборудование предприятий по ремонту СДМ относится к элективной части.

Дисциплина Технологическое оборудование предприятий по ремонту СДМ, базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Теория наземных транспортно-технологических машин, Технология конструкционных материалов.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин Технологическое оборудование предприятий по ремонту СДМ представляет основу для преддипломной практики и подготовке к итоговой государственной аттестации

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах					Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации	
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	8	144	39	26	-	13	78	-	экзамен
Заочная	5	-	144	16	10	-	6	119	-	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	144	16	10	-	6	119	-	экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			8
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	39	8	39
Лекции (Лк)	26	4	26
Практические занятия (ПЗ)	13	4	13
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	78	-	78
Подготовка к практическим занятиям	60	-	60
Подготовка к экзамену в течение семестра	18	-	18

III. Промежуточная аттестация экзамен	27	-	27
Общая трудоемкость дисциплины ..... час.	144	-	144
	4	-	4

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ	43	14	10	19
2.	Основы ремонта ПТ СДМ	24	4	-	20
3.	Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ	28	6	3	19
4.	Основы проектирования ремонтных предприятий	22	2	-	20
	<b>ИТОГО</b>	<b>117</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>78</b>

##### - для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ	38	4	5	29
2.	Основы ремонта ПТ СДМ	32	2	-	30
3.	Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ	33	2	1	30

4.	Основы проектирования ремонтных предприятий	32	2	-	30
	ИТОГО	135	10	6	119

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ	38	2	3	33
2.	Основы ремонта ПТ СДМ	32	2	-	30
3.	Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ	33	2	1	30
4.	Основы проектирования ремонтных предприятий	32	2	-	30
	ИТОГО	135	8	4	123

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.

№ раздела и темы	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	2	3	4
1.	Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ	Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин Материально-техническое обеспечение работ по техническому обслуживанию и ремонту машин Основные направления обеспечения ремонтного производства Технологичность и ремонтпригодность конструкции. Анализ методов ремонта	Разбор конкретных ситуаций (2 час.)

		Технология ремонта типовых деталей ПТ СДМ. Основы технологии сборочных процессов.	
2.	Основы ремонта ПТ СДМ	Система технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ. Теоретические основы ремонта ПТ СДМ.	Разбор конкретных ситуаций (2 час.)
3.	Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ	Производственный процесс ремонта ПТ СДМ. Технологические методы ремонта деталей. Особенности методики проектирования технологических процессов ремонта деталей.	-
4.	Основы проектирования ремонтных предприятий	Общие вопросы проектирования. Особенности проектирования отделений основного производства. Вспомогательное производство, обслуживающие хозяйства. Компоновка производственного корпуса и схема генерального плана.	-

#### 4.3. Лабораторные работы.

Учебным планом не предусмотрено.

#### 4.4. Практические занятия.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Расчет припусков на обработку.	2	исследовательская деятельность (1 час.)
2	1.	Расчет технологического процесса токарной операции.	2	исследовательская деятельность (1 час.)
3	1.	Расчет технологического процесса фрезерной операции.	2	исследовательская деятельность (1 час.)
4	1.	Расчет технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания.	2	-
5	1.	Расчет технологического процесса операции шлифования.	2	-
6	3.	Расчёт технологического процесса наплавки поверхности детали.	3	исследовательская деятельность (1 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>13</b>	<b>4</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub> час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ПК</i>	<i>ОПК</i>				
			<i>4</i>	<i>2</i>				
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1.</b> Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ		43	+	+	2	21,5	ЛК, ПЗ, СР	экзамен
<b>2.</b> Основы ремонта ПТ СДМ		24	+	+	2	12	ЛК, СР	экзамен
<b>3.</b> Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ		28	+	+	2	14	ЛК, ПЗ, СР	экзамен
<b>4.</b> Основы проектирования ремонтных предприятий		22	+	+	2	11	ЛК, СР	экзамен
<i>всего часов</i>		<b>117</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>2</b>	<b>58,5</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Плеханов, Г.Н. Протягивание: методические указания для практических занятий, курсового и дипломного проектирования/ Г.Н. Плеханов, П.В. Архипов, С.Н. Герасимов. – Братск : БрГУ, 2012. – 60 с.
2. Основы проектирования технологического процесса токарной операции: учебное пособие / Г.Н. Плеханов [и др.] – Братск: БрГУ, 2010. - 166 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
<b>Основная литература</b>				
1.	Маталин, А.А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 512 с. – Режим доступа : <a href="http://e.lanbook.com/book/71755">http://e.lanbook.com/book/71755</a>	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1
2.	Борисов, В.М. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В.М. Борисов. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : КГТУ, 2011. – 137 с.: – Библиогр.: с. 132-133. – ISBN 978-5-7882-1159-6 ; То же [Электронный ресурс]. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258356">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258356</a>	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184 с.	ПЗ, СР	25	1

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com>
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/>
8. Национальная электронная библиотека НЭБ [http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/договор\\_№101/НЭБ/2318\\_от\\_03.07.2017](http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/договор_№101/НЭБ/2318_от_03.07.2017)

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

При подготовке к экзамену (в конце семестра) повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

### **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий.**

Отчеты по практическим занятиям оформляется на листах формата А4.

Отчеты должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Поэтапное выполнение задания.
4. Заключение.

### **Практическое занятие № 1**

#### **Расчет припусков на обработку**

Цель работы: Освоение методики расчета припусков на обработку.

Задание: произвести расчеты, подготовить протоколы отчетов.

Порядок выполнения:

#### **Понятие о припуске и методы его определения**

Припуск – слой материала удаленный с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть направлен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

ГОСТы и таблицы позволяют назначать припуск независимо от технологического процесса обработки детали и условий его осуществления и поэтому в общем случае являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали.

Расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку (РАМОП), разработанный проф. В. М. Кованом, базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. РАМОП предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности и размеры заготовки. Расчетной величиной является припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе. Промежуточные размеры, определяющие положение обрабатываемой поверхности, и размеры заготовки рассчитывают с использованием минимального припуска. РАМОП представляет собой систему, включающую методики обоснованного расчета припусков, увязку расчетных припусков с предельными размерами обрабатываемой поверхности и нормативные материалы.

### Расчетные формулы

В технологии машиностроения существуют методы автоматического получения размеров (МАПР) и индивидуального получения размеров (МИПР).

Минимальный, номинальный и максимальный припуски на обработку при методе автоматического получения размеров рассчитывают следующим образом.

*Минимальный припуск:* при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск)

$$z_{i \min} = (R_Z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i; \quad (1)$$

При параллельной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск)

$$2z_{i \min} = 2[(R_Z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i];$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск)

$$2z_{i \min} = 2[(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}]. \quad (2)$$

Здесь  $R_{Z_{i-1}}$  - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;  $h_{i-1}$  - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);  $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$  - суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционное) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскостности, прямолинейности на предшествующем переходе);  $\varepsilon_i$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

*Номинальный припуск* на обработку поверхностей: наружных

$$z_i = z_{i \min} + ei_{i-1} + ei_i; \quad (3)$$

$$2z_i = 2z_{i \min} + ei_{D_{i-1}} + ei_D; \quad (4)$$

внутренних

$$z_i = z_{i \min} + ES_{i-1} + ES_i; \quad (5)$$

$$2z_i = 2z_{i \min} + ES_{D_{i-1}} + ES_D; \quad (6)$$

где  $ei_{i-1}$ ,  $ei_{D_{i-1}}$ ,  $ei_i$ ,  $ei_D$  - нижние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах;  $ES_{i-1}$ ,  $ES_D$ ,  $ES_i$ ,  $ES_{D_i}$  - верхние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах;  $ei_{D_{i-1}}$ ,  $ei_{D_i}$ ,  $ES_{D_{i-1}}$ ,  $ES_{D_i}$  - размеры, относящиеся к диаметральным.

Знать номинальные припуски необходимо для определения номинальных размеров формообразующих элементов технологической оснастки (штампов, пресс-форм, моделей, волок, приспособлений).

*Максимальный припуск* на обработку поверхностей: наружных

$$z_{i\max} = z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i ; \quad (7)$$

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i ; \quad (8)$$

внутренних

$$z_{i\max} = z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i ; \quad (9)$$

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i . \quad (10)$$

где  $Td_{i-1}$  и  $TD_{i-1}$  - допуски размеров на предшествующем переходе и  $Td_i$  и  $TD_i$  - допуски размеров на выполняемом переходе.

Максимальные припуски и припуски для технологических целей (уклоны, напуски, упрощающие конфигурацию заготовки, и т. д.) принимают в качестве глубины резания и используют для определения режимов резания (подачи, скорости резания) и выбора оборудования мощности.

*Минимальный припуск* на обработку при методе индивидуального получения заданных размеров рассчитываются по формулам (1), (2) с заменой в них при расчетах погрешности установки  $\varepsilon_i$  погрешностью выверки  $\varepsilon_B$ . Номинальные и максимальные припуски определяют по формулам (3) – (10).

### Правила расчета припусков на обработку.

1. Минимальный припуск рассчитывают по формулам (1) или (2) с использованием расчетной карты для каждой обрабатываемой поверхности. В расчетной карте указывают размер, определяющий положение обрабатываемой поверхности и технологические переходы в порядке их выполнения при обработке; для каждого перехода записывают значения  $R_z, h, \Delta_\Sigma, \varepsilon, T$ .

2. Допуск и параметры качества поверхности на конечном технологическом переходе ( $R_z, h$ ) принимают по чертежу детали, проверяя по нормативам возможность получения их запроектированным способом обработки.

3. Для серого и ковкого чугунов, а также цветных металлов и сплавов после первого технологического перехода и для стали после термической обработки при расчете припуска слагаемое  $h$  из формулы исключают. В конкретных случаях те или иные слагаемые, входящие в расчетные формулы для определения припусков на обработку, также исключают. Так, исключают те погрешности, которые не могут быть устранены при выполняемом переходе; например, при развертывании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещение и увод оси не устраняются. Следовательно, минимальный припуск в этом случае

$$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \varepsilon_i).$$

При шлифовании у заготовки после ее термической обработки поверхности слой должен быть сохранен; следовательно, слагаемое  $h_{i-1}$  должно быть исключено из расчетной формулы:

$$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i).$$

При суперфинишировании и полировании, когда достигается лишь уменьшение поверхности шероховатости поверхности, припуск на обработку определяется высотой неровностей поверхности и погрешностями, связанными с наладкой инструмента на размер и его износом, не превышающими обычно  $\frac{1}{2}$  допуска на обработку, т. е.

$$2z_{i\min} = 2R_{z_{i-1}} + 0,5T_i .$$

4. Отклонения расположения  $\Delta_\Sigma$  необходимо учитывать: у заготовок (под первый технологический переход); после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход); после термической обработки, если даже деформации не было. В связи с закономерным уменьшением отклонений расположения поверхностей при обработке за несколько переходов на стадиях чистовой и отделочной обработки ими пренебрегают.

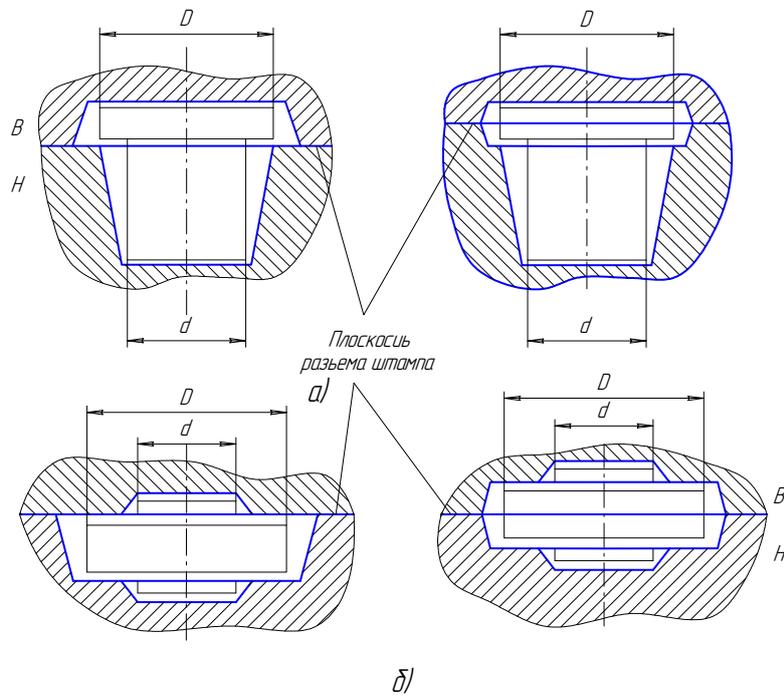


Рис. 1. Примеры иллюстрирующие правильное и неправильное назначение плоскости разъема штампов.

5. При определении припусков следует учитывать те отклонения расположения, которые не связаны с допуском на размер элементарной поверхности и имеют самостоятельное значение. Так, отклонения расположения поверхностей заготовки при штамповке образуются в результате смещения верхней половины штампа относительно нижней, являющейся базой. Обычно линию разъема штампов предусматривают по элементарной поверхности (рис. 1, а и б), что позволяет выявить смещение штампов и определить его значение. В этом случае смещение нижней и верхней половин штампа связано с допуском на размер, а значение его регламентируется в пределах допуска на размер или иногда задается точнее. Если линию разъема штампа сделать по линии контакта двух элементарных поверхностей, характеризуемых диаметрами  $D$  и  $d$ , то в этом случае смещение штампа не будет связано ни с допуском на размер  $D$ , ни с допуском на размер  $d$ , а будет иметь самостоятельное значение. Для компенсации данного отклонения необходимо предусмотреть дополнительный припуск на размер  $d$ , поскольку размер  $D$  является базой (образуется нижней неподвижной половиной штампа).

6. Различают общее и местное отклонение оси детали от прямолинейности (кривизну). Их значение определяют исходя из геометрических соотношений параметров детали. Так, при установке в центах (рис. 2,а) общее отклонение

$$\Delta_{\Sigma_K} = \Delta_K l, \quad (11)$$

а местное отклонение

$$\Delta_{\Sigma_{KM}} = \frac{\Delta_K (l^2 - l_X^2)}{l(1 + 4\Delta_R^2)} \text{ (точно);}$$

$$\Delta_{\Sigma_{KM}} = (l - l_X) \Delta_K \text{ (приближенно).}$$

При консольном закреплении (рис. 2,б) общее отклонение

$$\Delta_{\Sigma_K} = l \frac{\Delta_K}{\Delta_K^2 + 0,25} \text{ (точно);} \quad (12)$$

$$\Delta_{\Sigma_K} = 2\Delta_K l \cos[\arctg(2\Delta_K)] \text{ (приближенно).} \quad (13)$$

Здесь  $\Delta_K$  - отклонение оси детали от прямолинейности, мкм на 1 мм (в справочных материалах далее именуется кривизной).

После выполняемого перехода обработки отклонение от расположения или кривизну рассчитывают по точной или приближенной формуле.

7. Суммарное значение двух отклонений расположения определяют как векторную сумму:

$$\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2 .$$

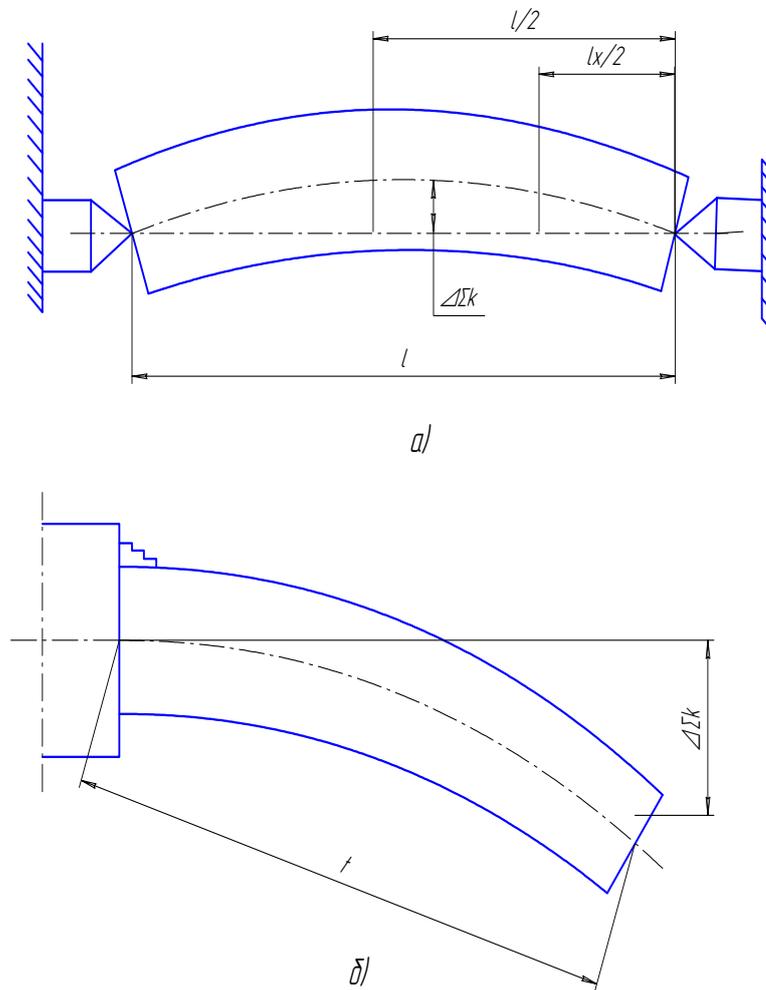


Рис. 2. Обозначение общей и местной кривизны заготовки:  
а - при ее установке в центрах; б - при консольном креплении.

Для векторов при направлении:

совпадающем  $\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2$  ;

противоположном  $\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 - \bar{\Delta}_2$  .

В тех случаях, когда предвидеть направление векторов трудно, их суммируют:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} . \quad (14)$$

Так, суммарное отклонение расположения при обработке сортового проката круглого сечения (валик) в центрах

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_{\omega}^2} , \quad (15)$$

где  $\Delta_{\Sigma_k}$  - общее отклонение оси от прямолинейности [см. формулы (11) и (12)];  $\Delta_{\omega}$  - смещение оси заготовки в результате погрешности центрования;

$$\Delta_{\omega} = 0,25\sqrt{T^2 + 1} . \quad (16)$$

При  $T \gg 1\Delta_{ц} = 0,25T$ . Здесь  $T$  - допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованный при центровании, мм. Суммарное отклонение расположения при обработке отверстий в отливке при базировании на плоскость (рис. 3,а) или при обработке плоскости при базировании по отверстию (рис. 3,б)

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Lambda_{см}^2}, \quad (17)$$

где  $\Delta_{кор} = \Delta_{к}L$  - отклонение плоской поверхности отливки от плоскости (коробление);  $\Lambda_{см}$  - смещение стержня в горизонтальной или вертикальной плоскости, мм;  $L$  - длина отливки, мм. Смещение  $\Delta_{сг}$  стержней, образующих отверстие или внутренние полости, следует принимать равным допуску на наибольший размер от оси отверстия или внутренней полости до технологической базы с учетом наибольших размеров отливки. Суммарные отклонения после сверления отверстия

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_{y}l)^2 + C_0^2}, \quad (18)$$

где  $C_0$  - смещение оси отверстия;  $\Delta_{\delta}$  - значение увода оси сверла;  $l$  - длина просверливаемого отверстия, мм.

8. Рассчитанные припуски по всем переходам заносят в расчетную карту.

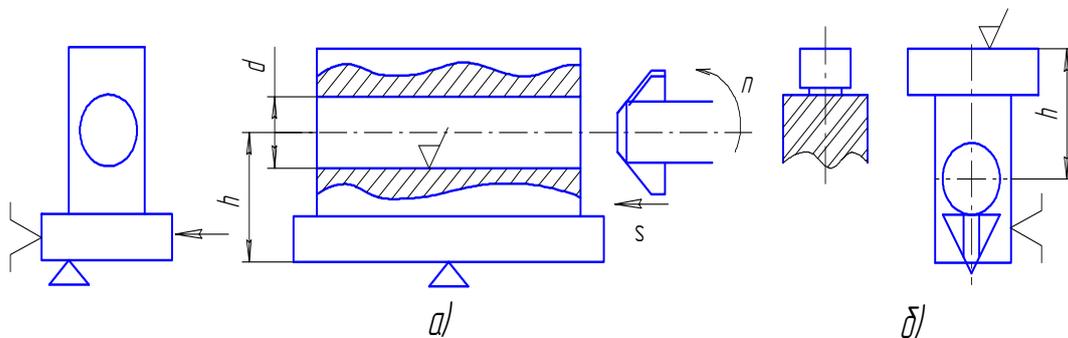


Рис. 3. Схема для определения отклонения расположения отверстия при обработке его в отливке с базированием на плоскость (а) и отклонения расположения плоскости с базированием отливки по отверстию (б).

### Порядок определения предельных промежуточных размеров по технологическим переходам и окончательных размеров заготовки.

1. Расчетные формулы для определения размеров: наружных поверхностей

$$\begin{aligned} \dot{a}_{\min i-1} &= a_{\min i} - z_{\min i}; \\ \dot{a}_{\max i-1} &= a_{\min i-1} + T_{i-1}; \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} D_{\min i-1} &= D_{\min i} - 2z_{\min i}; \\ D_{\max i-1} &= D_{\min i-1} + T_{Di-1}; \end{aligned} \quad (20)$$

внутренних поверхностей

$$\begin{aligned} a_{\max i-1} &= a_{\max i} - z_{\min i}; \\ a_{\min i-1} &= a_{\max i-1} + T_{i-1}; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} D_{\max i-1} &= D_{\max i} - 2z_{\min i}; \\ D_{\min i-1} &= D_{\max i-1} + T_{Di-1}; \end{aligned} \quad (22)$$

где  $z_{\min i}$  - минимальный расчетный припуск на сторону на выполняемый технологический переход;  $2z_{\min i}$  - минимальный (расчетный) припуск на обе стороны или по диаметру;  $a_{\max i-1}$ ,

$a_{\min i-1}, D_{\max i-1}, D_{\min i-1}$  - соответственно наибольшие и наименьшие предельные размеры, полученные на выполняемом технологическом переходе.

2. Порядок определения размеров на элементарной поверхности. Из чертежа детали берут и заносят в расчетную карту для конечного перехода наименьший для наружных (или наибольший для внутренних) поверхностей размер. Для переходов обработки наружных поверхностей наименьший размер рассчитывают прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу припуска  $z_{\min}$ . При обработке внутренних поверхностей расчетным размером является наибольший размер. Размер на предшествующем переходе определяют путем вычитания  $z_{\min}$ .

Наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам округляют увеличением (уменьшением) их до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие (наименьшие) предельные размеры определяют прибавлением (вычитанием) допуска к округленному наименьшему (из округленного наибольшего) предельному размеру. Находят фактические предельные значения припусков  $z_{\max}$ , как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и  $z_{\min}$  как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов (выполняемого и предшествующего переходов).

Общие припуски  $z_{0\max}$  и  $z_{0\min}$  определяют как сумму промежуточных припусков на обработку.

Правильность проведенных расчетов проверяют по формулам:

$$z_{i\max} - z_{i\min} = T_{i-1} - T_i; \quad (23)$$

$$2z_{i\max} - 2z_{i\min} = T_{Di-1} - T_{Di}; \quad (24)$$

$$z_{0\max} - z_{0i\min} = T_i - T_{\bar{A}}; \quad (25)$$

$$2z_{0\max} - 2z_{0i\min} = T_{Di} - T_{D\bar{A}}. \quad (26)$$

При необходимости находят номинальные размеры: для наружных поверхностей номинальный размер заготовки равен наибольшему размеру, т. е.  $a = a_{\max}$ ; на чертеже указывают  $a_{\max} - T$ ; для внутренних поверхностей номинальный размер заготовки равен наименьшему размеру, т. е.  $a = a_{\min}$ ; на чертеже указывают  $a_{\max} + T$ . Если допуск расположен симметрично относительно номинального размера, то

$$a = a_{\max} - \frac{T}{2} = a_{\min} + \frac{T}{2}, \quad (27)$$

На чертеже указывают  $a \pm \frac{T}{2}$ .

Трудоемкость вычислительных работ при определении припуска и промежуточных размеров снижается при применении ЭВМ. Методика расчета припусков и промежуточных размеров с использованием ЭВМ базируется на аналитических зависимостях и справочных данных.

Для обеспечения автоматизации расчетов по этим зависимостям разрабатывают алгоритмы применительно к определенному классу деталей (валы, рычаги, корпусные детали и др.)

Классом называют совокупность деталей, характеризуемых общностью технологических задач, решаемых в условиях определенной конфигурации этих деталей.

Классификация деталей машин должна разрабатываться по стадии создания алгоритмов по отраслям машиностроения соответственно применяемым в них деталям и особенностям их производства. В качестве исходной информации о детали используют: чертежи детали с техническими требованиями; метод получения детали, точность и качество поверхности заготовки; базы и тип приспособления; технологические маршруты обработки элементарных поверхностей; вид и место термической обработки а структуре

технологического процесса обработки элементарной поверхности. Построение алгоритма сводится к следующим основным этапам:

1. Определяют составляющие элементы минимального припуска  $R_{z_{i-1}}, h_{i-1}, \Delta_{i-1}, \varepsilon_i$ , где  $(i-1)$  - относится к элементу, полученному на смежном предшествующем технологическом переходе, а  $(i-k)$  - а выполняемому переходу.

2. Рассчитывают минимальный припуск; максимальные и номинальные припуски на переходы и общие на весь технологический процесс обработки поверхностей; минимальные и максимальные размеры, определяющие положение обрабатываемых поверхностей по технологическим переходам, и размеры заготовки.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие о припуске.
2. Правила расчета припусков на обработку.
3. Порядок определения предельных промежуточных размеров по технологическим переходам и окончательных размеров заготовки.

## Практическое занятие № 2

### Расчет технологического процесса токарной операции

Цель работы: Научиться производить расчет технологического процесса токарной операции.

Задание: произвести расчет параметров технологического процесса токарной операции.

Порядок выполнения:

**Глубина резания  $t$ :** при черновом точении в отсутствие ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИД принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем. При параметре шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 3,2$  мкм включительно  $t = 0.5 \div 2.0$  мм,  $Ra \geq 0.8$  мкм,  $t = 0.1 \div 0.4$  мм.

**Подача  $s$ :** при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей пластины державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в табл.

Максимальные величины подач при точении стали 45, допустимые прочностью пластины из твердого сплава, приведены в табл..

Подачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца.

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойства обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра обработки (табл. ).

Рекомендуемые подачи при фасонном точении приведены в табл..

**Скорость резания  $v$ , м/мин;** при наружном, продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v.$$

Среднее значение стойкости  $T$  при одноинструментальной обработке – 30-60 мин. Значение коэффициента  $C_v$ , показателей степени  $x$ ,  $y$  и  $m$ .

Коэффициент  $K_v$  является произведением коэффициентов, учитывающих влияния материала заготовки  $K_{mv}$  (см. табл. 1-4), состояния поверхности  $K_{pv}$  материала инструмента  $K_{iv}$  при многоинструментальной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты  $K_{TI}$  и  $K_{ТС}$ , углов в плане резцов  $K_{\phi}$  и радиуса при вершине резца  $K_r$ .

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от черногого и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно.

Режимы резания при точении закаленной стали резцами из твердого сплава приведены в табл.

Режимы резания при точении и растачивании чугунов, закаленных сталей и твердых сплавов резцами, оснащенными поликристаллами композитов 01 (эльбор-Р), 05, 10 (гексанит-Р) и 10Д (двухслойные пластины с рабочим слоем из гексанита-Р).

**Сила резания.** Силу резания  $N$ , принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ). При наружном, продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_v.$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении  $t$  – длина лезвия резца.

Постоянная  $C_p$  и показатели  $x$ ,  $y$ ,  $n$  для конкретных (расчетных) условий обработки для каждого из составляющих силы резания приведены в табл.

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов ( $K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{rp} K_{lp} K_{rp}$ ), учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов приведены в табл.

**Мощность резания, кВт,** рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60}.$$

При одновременной работе нескольких инструментов эффективную мощность определяют как суммарную мощность отдельных инструментов.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3] из раздела 7.

### Практическое занятие № 3

#### Расчет технологического процесса фрезерной операции.

Цель работы: Освоение методики расчета технологического процесса фрезерной операции.

Задание: Научиться производить расчет технологического процесса фрезерной операции.

Порядок выполнения:

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. Ее размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

При торцевом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$ , т.е.  $D = (1.25 \div 1.5)B$ , а при обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы; для заготовок конструкционных углеродистых и легированных сталей – сдвиг их в направлении врезания зуба фрезы (рис. 4, а), чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; для заготовок из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей – сдвиг заготовки в сторону выхода зуба из резания (рис. 4, б), чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя. Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

**Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$**  – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании. Во всех видах фрезерования, за исключением торцевого,  $t$  определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой;  $t$  измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования  $B$  определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании;  $B$  изменяют в направлении, параллельном оси фрезы. При торцевом фрезеровании эти понятия меняются местами.

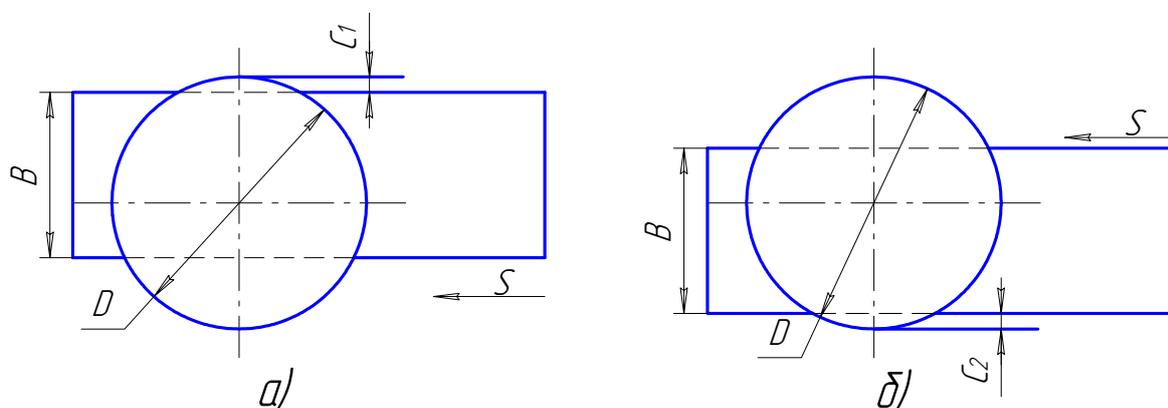


Рис.4. Расположение стальной заготовки при торцевом фрезеровании относительно фрезы: а – врезание зуба фрезы при  $C_1=(0,03...0,05)D$ ; б – выход зуба фрезы при  $C_2=0$ .

**Подача.** При фрезеровании различают подачу на один зуб  $s_z$ , подачу на один оборот фрезы  $s$  и подачу минутную  $s_M$ , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$s_M = S n = s_z Z n,$$

где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;  $z$  – число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб  $s_z$ , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы  $s$ , по которой для

дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб  $S_z = S/Z$ . Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в табл. 33 – 38.

**Скорость резания** – окружная скорость фрезы, м/мин,

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v$$

Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39, а периода стойкости  $T$  – в табл. 40.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$$

где  $K_{Mv}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. табл. 1 – 4);  $K_{Пv}$  – коэффициент, учитывающий состояние заготовки (см. табл. 5);  $K_{Иv}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. табл. 6).

**Сила резания.** Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила, Н

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp}$$

где  $z$  – число зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин.

Значение коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл.41, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала  $K_{Mp}$  для стали и чугуна – в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов - в табл.10. Величины остальных составляющих силы резания (рис. 5 – 6): горизонтальной (сила подачи)  $P_h$ , вертикальной  $P_v$ , радиальной  $P_r$ , осевой  $P_x$  устанавливают из соотношения с главной составляющей  $P_s$  по табл. 42.

Составляющая, по которой рассчитывают оправку на изгиб,

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}$$

**Крутящий момент**, Н·м, на шпинделе

$$M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000}$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм.

**Мощность резания** (эффективная), кВт

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}$$

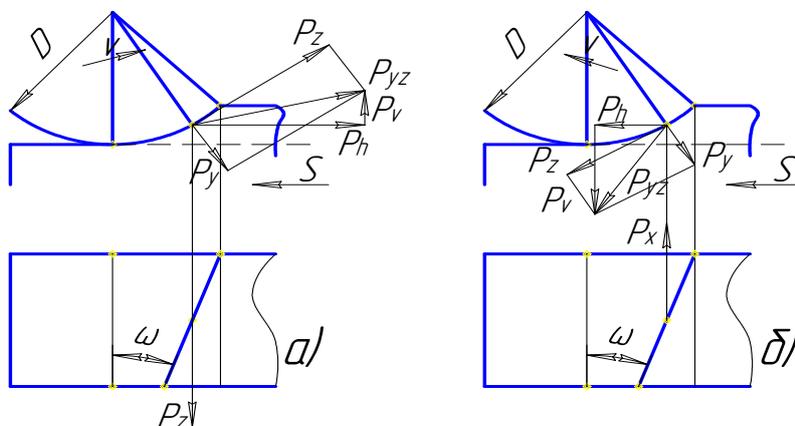


рис. 5. Составляющие силы резания при фрезеровании цилиндрической фрезой: а – при встречном фрезеровании (против подачи); б – попутном (в направлении подачи).

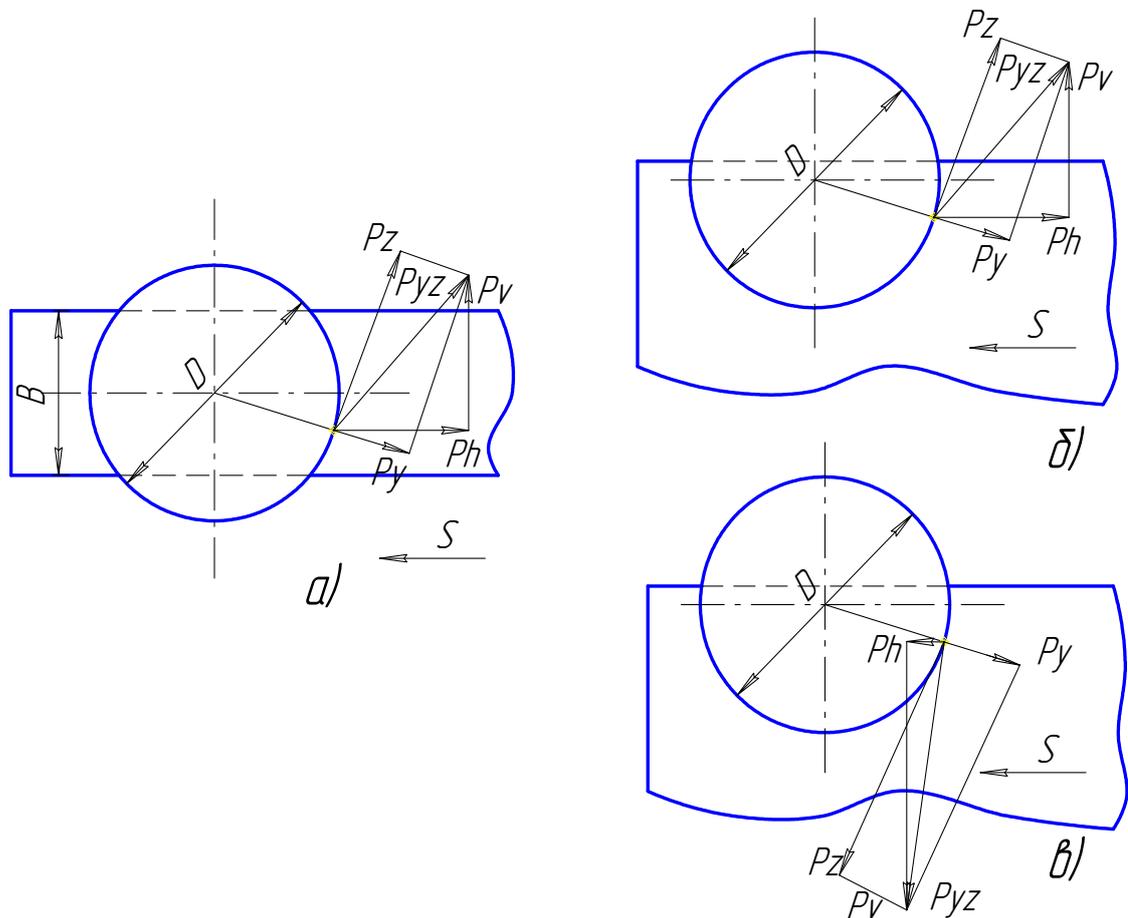


Рис. 6. Составляющие силы резания при торцовом фрезеровании: а – симметричном; б – несимметричном встречном; в – несимметричном попутном.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3] из раздела 7.

#### Практическое занятие № 4

**Расчет технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания.**

Цель работы: Освоить методику расчета технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания.

Задание: Выполнить расчет технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания.

Порядок выполнения:

##### Сверление

**Глубина резания.** При сверлении глубина резания  $t = 0,5D$  (рис. 2, а), при рассверливании, зенкерования и развертывании  $t = 0,5(D - d)$  (рис. 2, б).

**Подача.** При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу (табл. 25). При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2 раз. При

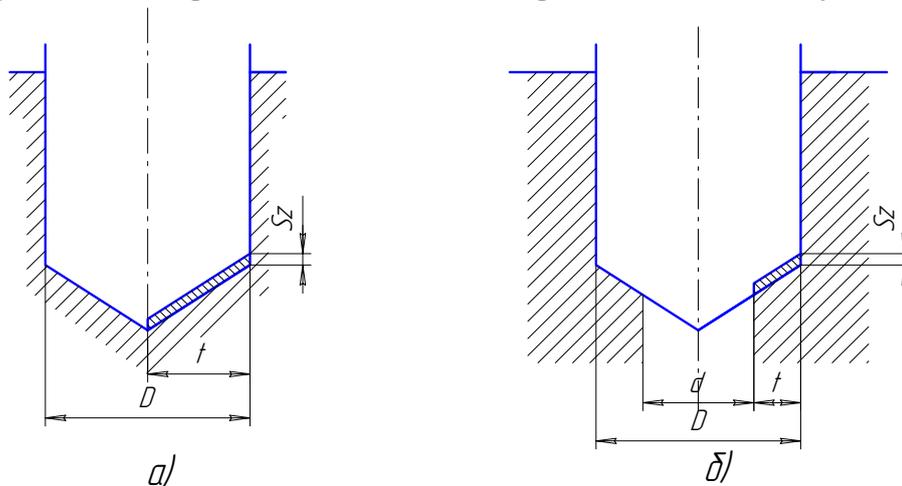


рис. 2. Схема резания при сверлении.

наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны. Их определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент, приведенный в примечании к таблице.

Подачи при зенкерования приведены в табл.26, а при развертывании – в табл.27.

**Скорость резания.** Скорость резания, м/мин, при сверлении

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

а при рассверливании, зенкерования, развертывании

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v.$$

Значение коэффициентов  $C_v$  и показателей степени приведены для сверления в табл. 28, для рассверливания, зенкерования и развертывания – в табл.29, а значение периода стойкости  $T$  – в табл. 30.

**Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,**

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv},$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал (см. табл. 1 – 4);  $K_{uv}$  – коэффициент на инструментальный материал (см. табл. 6);  $K_{lv}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 31). При рассверливании и зенкерования литых и штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент  $K_{nv}$  (см. табл. 5).

**Крутящий момент,  $M$ , и осевую силу,  $N$ ,** рассчитывают по формулам: при сверлении

$$M_{kp} = 10 C_M D^q S^y K_p; P_o = 10 C_v D^q S^y K_p;$$

при рассверливании и зенкервании

$$M_{kp} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p; P_o = 10 C_p t^x S^y K_p.$$

Значение коэффициентов  $C_M$  и  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 32.

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением

$$K_p = K_{Mp}.$$

Значения коэффициента  $K_{Mр}$  приведены для стали и чугуна в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов – в табл. 10.

Для определения крутящего момента при разворачивании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточный резец. Тогда при диаметре инструмента  $D$  крутящий момент, Нм,

$$M_{kp} = \frac{C_p t^x s_z^y D_z}{2 \cdot 100};$$

здесь  $s_z$  – подача, мм на один зуб инструмента, равная  $s/z$ , где  $s$  – подача, мм/об,  $z$  – число зубьев развертки. Значения коэффициентов и показателей степени см. в табл. 22.

**Мощность резания, кВт**, определяют по формуле

$$N_e = \frac{M_{kp} n}{9750},$$

где частота вращения инструмента или заготовки, об/мин,

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

### Протягивание

**Элементами резания** при протягивании являются периметр резания  $\Sigma B$  – наибольшая суммарная длина лезвий всех одновременно режущих зубьев, мм, подача на один зуб  $s_z$ , мм, и скорость резания  $v$ , м/мин.

**Периметр резания** зависит от формы и размеров обрабатываемой поверхности и схемы резания и определяется уравнением  $\Sigma B = B_{z1} / z_c$ , где  $B$  – периметр резания, мм, равный длине обрабатываемого контура заготовки или больше ее на величину  $1/\cos\lambda$  при наклонном расположении зубьев под углом  $\lambda$ ;  $z_c$  – число зубьев в секции протяжки при прогрессивной схеме резания (при профильной или генераторной схемах резания  $z_c = 1$ );  $z_1$  – наибольшее число одновременно режущих зубьев, определяемое из выражения  $z_1 = l/t$ , где  $l$  длина обрабатываемой поверхности, мм.

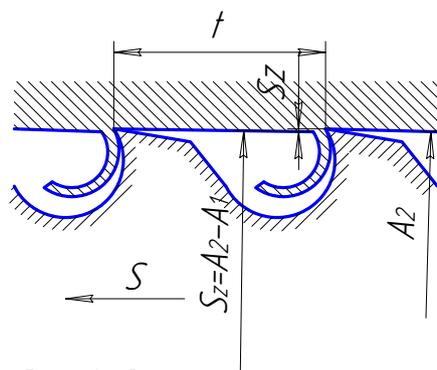


Рис. 8. Схема срезания припуска при протягивании.

Вычисленное значение  $z_1$  округляют до ближайшего целого числа.

**Подача** при протягивании  $s_z$  – размерный перепад между соседними режущими зубьями протяжки (рис. 8) – является элементом конструкции протяжки.

**Скорость резания**, определяемую требованиями к точности обработки и параметрам шероховатости обработанной поверхности, выбирают по табл. 52 в зависимости группы скорости, устанавливаемой из табл. 53. При нормативной скорости резания заданный параметр шероховатости поверхности, может быть достигнут при оптимальных значениях переднего и заднего углов, при наличии у протяжки чистовых и переходных зубьев.

Установленную нормативную скорость резания сравнивают с максимальной скоростью рабочего хода станка и скоростью резания, м/мин, допускаемой мощностью двигателя станка:

$$v = 61200 \frac{N}{P_z} \eta,$$

где  $N$  – мощность двигателя станка, кВт;  $P_z$  – сила резания при протягивании, Н;  $\eta$  – КПД станка.

В качестве рабочей скорости принимают наименьшую из сравниваемых скоростей.

**Сила резания, Н, при протягивании**

$$P_z = P \Sigma B,$$

где  $P$  – сила резания на 1 мм длины лезвия, Н, зависящая от обрабатываемого материала и величины подачи  $s_z$ , мм, на один зуб протяжки (табл. 54).

52. Скорости резания, м/мин, для протяжек из быстрорежущей стали P6M5.

Группа скорости резания (см. табл. 53).	Протяжки.			
	цилиндрически е	шлицевые	шпоночные и для наружного протягивания.	всех типов.
1	8/6	8/3	10/7	4
2	7/5	7/4,5	8/6	3
3	6/4	6/3,5	7/5	2,5
4	4/3	4/2,5	4/3,5	2

*Примечания: 1. В числителе приведены скорости резания при  $Ra=3,2...6,3$  мкм и точности 8-9 –го квалитетов, в знаменателе – при  $Ra=1,6$  мкм и точности 7-го квалитета; для протяжек всех типов – при  $Ra=0,8...0,4$  мкм.  
2. При протягивании наружных поверхностей с допуском до 0,03 мм. протяжек с фасонным профилем скорость резания снизить до 4-5 м/мин.  
3. Для протяжек из стали ХВГ табличные скорости резания снизить на 25-30%.*

53. Группы скорости резания при протягивании стали и чугуна (таблица с сокращениями).

Твердость НВ.	Сталь.						
	Углеродистая и автоматная.	Марганцовистая и хромованадиевая.	Хромистая.	Хромомолибденовая.	Хромокремнистая и кремнеганцовистая.	Хромомарганцовистая.	Хромокремнеганцовистая.
До 156	4	-	-	-	-	-	-
Св. 156 до 187	3	3	2	2	-	2	-
Св. 187 до 197	2		1			1	
Св. 197 до 229	1	2	2	3	2	2	2
Св. 229 до 269	2				3		
Св. 269 до 321	2	3	3	3	4	3	3

### Зубонарезание

На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо модуля  $m$  — 4 мм с числом зубьев  $z = 45$  и шириной венца  $b = 35$  мм. Обработка окончательная по предварительно прорезанному зубу ( параметр шероховатости поверхности  $Ra$  — 2 мкм). Припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию  $h$  — 1,2 мм. Материал заготовки - сталь 20Х твердостью  $HV$  170. Эскиз обработки приведен на рис. 70. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания  $g$  а таблицам нормативов; определить основное время.

54. Сила резания Р, Н, приходящаяся на 1 мм длины лезвия зуба протяжки.

Подача на один зуб sz, мм.	Обрабатываемый материал.								
	Углеродистая сталь.			Легированная сталь.			Чугун.		
	НВ≤197	НВ 198-229	НВ>229	НВ≤197	НВ 198-229	НВ>229	Серый.		Ковкий.
						НВ≤180	НВ>180		
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75	63
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89	73
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115	94
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134	109
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166	134
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200	164
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236	192
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268	220
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303	250
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336	276
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370	302
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402	326
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427	349
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465	376
0,30	564	615	730	785	845	933	476	522	431

*Примечание: Значение силы резания приведены для нормальных условий эксплуатации:  
а) передние и задние углы зубьев оптимальные; б) величина износа не превышает оптимальную.*

**Р е ш е н и е** (по нормативам [7]). I. Выбираем режущий инструмент. Принимаем дисковый прямозубый долбяк модуля  $m = 4$  мм из быстрорежущей стали Р18. Угол заточки по передней поверхности зубьев чистового долбяка  $\gamma_3 = 5^\circ$  (приложение 2, с. 160).

II. Назначаем режим резания.

1 Назначаем круговую подачу (подачу обкатки). Определяем классификационную группу, к которой по нормативам откосится используемый зубодолбежный станок (карта 12, с. 38). Станок 5122 относится к III пуппе станков, так как мощность его электродвигателя 3 кВт (см. паспортные данные). По карте 13 (с. 38 -39) находим круговую подачу.

Для параметра шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм (V 6), обработки по предварительно прорезанному зубу и материала заготовки стали 45  $S_{ТАБЛ} = 0,22 - 0,25$  мм/дв. ход.

Рассмотрим примечания к карте 13 (с. 39).

Учитываем поправочный коэффициент на подачу (по карте 14, с. 41):  $k_M = 0,9$ , так как материал нарезаемого

колеса — сталь 20Х,  $HВ 170$ ,  $S = S_{ТАБЛ} k_{MS} = (0,22 - 0,25) \times 0,9 = 0,2 - 0,225$  мм/дв. ход.

Подачи в карте приведены для обработки в один проход, т. е. принято, что  $i = 1$ .

Принимаем  $s = 0,225$  мм/дв. ход., так как число зубьев нарезаемого колеса больше 25. Корректируя подачу по данным станка, принимаем  $s = 0,2$  мм/дв. ход.

Радиальная подача (подача при врезании)  $S_{рад} = (0,1 - 0,3)s$  мм/дв. ход; принимаем  $S_{рад} = 0,2s = 0,2 - 0,2 = 0,04$  мм/дв. ход. Корректируя по данным станка, принимаем  $S_{рад} = 0,036$  мм/дв. ход.

2. Назначаем период стойкости долбяка (приложение 3, с. 161). Для чистового дискового долбяка рекомендуется период стойкости  $T = 240$  мин.

3. Определяем скорость резания, допускаемую режущими свойствами долбяка (карта 14, с. 40—41):

Для обработки по предварительно прорезанному зубу, параметра шероховатости поверхности  $Ra = 2$  мкм при круговой подаче  $s = 0,2$  мм/дв. ход  $v_{табл} = 39$  м/мин. Учитываем поправочный коэффициент на скорость резания (там же):  $k_{mv} = 0,9$  (материал нарезаемого

колеса — сталь 20X, HB 170). Остальные поправочные коэффициенты на скорость резания  $i$  при заданных условиях обработки не влияют;  $v_{и} = v_{табл} k_{мв} = 39 \cdot 0,9 = 35$  м/мин ( $\sim 0,58$  м/с).

Определяем число двойных ходов долбяка в минуту, соответствующее найденной скорости резания:

$$k = \frac{1000 v_{и}}{2L};$$

длина хода долбяка  $L = b + l_1$ , где  $l_1$  — перебег долбяка на две стороны. При ширине венца до 51 мм  $l_1 = 8$  мм (приложение 14, с. 184);  $L = 35 + 8 = 43$  мм;

$$k = \frac{1000 \cdot 35}{2 \cdot 43} = 407 \text{ дв.ход / мин.}$$

Корректируем число двойных ходов долбяка по паспортным данным станка и устанавливаем действительное число двойных ходов:  $k_d = 400$  дв. ход/мин.

Действительная скорость резания

$$v = \frac{2Lk_d}{1000} = \frac{2 \cdot 43 \cdot 400}{1000} = 34,4 \text{ м / мин} (\approx 0,57 \text{ м / с})$$

4. Мощность, затрачиваемая на резание, при окончательном зубодолблении по предварительно прорезанному зубу незначительна. В карте 14 (с. 40) в графе «Мощность» для заданных условий обработки стоит прочерк. Проверку установленного режима резания по мощности привода станка в этом случае обычно не производят (при предварительном зубодолблении, а так же окончательно по сплошному металлу проверку по мощности необходимо выполнять).

III. Основное время

$$T_0 = \frac{\pi m z}{k_d s} i + \frac{h}{k_d s_{РАД}}.$$

Первое слагаемое учитывает время, затрачиваемое на обкатку, а второе - на радиальное врезание долбяка. По условию примера припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию  $h = 1,2$  мм (при зубодолблении по сплошному металлу  $h$  — высота нарезаемого зуба). Число проходов  $i=1$ ;

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 45}{400 \cdot 0,2} + \frac{1,2}{400 \cdot 0,036} = 7,06 + 0,08 = 7,14 \text{ мин.}$$

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3] из раздела 7.

## Практическое занятие № 5

### Расчет технологического процесса операции шлифования.

Цель работы: Освоить методику расчета технологического процесса операции шлифования.

Задание: Выполнить расчет технологического процесса операции шлифования.

Порядок выполнения:

Разработку режима резания при шлифовании начинают с установления характеристики инструмента. Инструмент при шлифовании различных конструктивных и

инструментальных выбирают по данным, приведенным на стр. 242 – 258. окончательная характеристика абразивного инструмента выявляется в процессе пробной эксплуатации с учетом конкретных технологических условий.

Основные параметры резания при шлифовании:

Скорость вращательного и поступательного движения заготовки  $v_3$ , м/мин;

глубина шлифования  $t$ , мм, - слой металла, снимаемый периферией или торцом круга в результате поперечной подачи на каждый ход или двойной ход при круглом или плоском шлифовании и в результате радиальной подачи  $s_r$  при врезном шлифовании;

продольная подача  $s$  – перемещение шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот заготовки при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга (табл. 55).

**Эффективная мощность**, кВт, при шлифовании периферией круга с продольно подачей

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q,$$

при врезном шлифовании периферией круга

$$N = C_N v_3^r s^y d^q b^z,$$

при шлифовании торцом круга

$$N = C_N v_3^r t^x b^z,$$

где  $d$  – диаметр шлифования, мм;  $b$  – ширина шлифования, мм, равная длине шлифуемого участка заготовки при круглом врезном шлифовании и поперечному размеру поверхности заготовки при шлифовании торцом круга.

Значение коэффициента  $C_N$  и показателей степени в формулах приведены в табл. 56.

55. Параметры резания при различных видах шлифования, заточки и доводки.

Обрабатываемый материал.	Характеристика процесса шлифования.	Скорость круга $v_k$ , м/с.	Скорость заготовок и $v_3$ , м/мин.	Глубина шлифования $l$ , мм.	Продольная подача $s$ .	Радиальная подача $s_r$ , мм/об.
<i>Круглое наружное шлифование.</i>						
Конструкционные металлы и инструментальные стали.	С продольной подачей на каждый ход:	30-35	12-25	0,01-0,025 0,005-0,015	(0,3-0,7)В (0,2-0,4)В	-
	предварительное		15-55			
	окончательное		20-30	0,015-0,05	(0,3-0,7)В	
	с продольной подачей на двойной ход		30-50	-	-	
Врезное:	20-40	-	-	0,001-0,005		
окончательное						
Твердые сплавы	С продольной подачей:	20-30	10-20	0,0075-0,01	0,5-0,8 м/мин 0,3-0,5 м/мин	-
	предварительное	30-35	20-30			
<i>Круглое внутреннее шлифование.</i>						
Конструкционные металлы и инструмент	На станках общего назначения:	30-35	20-40	0,005-0,02 0,0025-0,01	(0,4-0,7)В (0,25-0,4)В	-
	Предварительное					
	окончательное					

альные стали.	На полуавтоматических станках: Предварительное окончательное		50-150	0,0025-0,005 0,0015- 0,0025	(0,4-0,75)В (0,25-0,4)В	
Твердые сплавы.	На полуавтоматических станках: Предварительное окончательное	10-25 15-30	20-30 25-50	0,005-0,01 0,005-0,0075	0,4-0,5 м/мин 0,2-0,4 м/мин	
<i>Круглое бесцентровое шлифование.</i>						
Конструкционные металлы и инструментальные стали.	На проход: Предварительное при $d \leq 20$ мм. предварительное при $d > 20$ мм. окончательное	30-35	20-120	0.02-0.05 0.05-0.2	0,5-3,8 м/мин	-
		30-35	40-120	0,0025-0,01	1,2-2,0 м/мин	
	Врезное: предварительное окончательное		10-45 10-30	-	-	0,001- 0,005
<i>Плоское шлифование периферией круга.</i>						
Конструкционные металлы и инструментальные стали.	На станках с круглым столом: предварительное окончательное	30-35	20-60 40-60	0,005-0,015 0,005-0,01	(0,3-0,6)В (0,2-0,25)В	-
			На станках с прямоугольным столом в серийном производстве: предварительное окончательное	8-30 15-20	0,015-0,04 0,005-0,015	
	На станках с прямоугольным столом инструментального типа: предварительное окончательное			5-8	0,05-0,015 0,01-0,015	
Твердые сплавы.	Те же станки: предварительное окончательное	20-30 25-35	4-5 2-3	0,03-0,04 0,01-0,02	0,5-1,0 мм/ход 0,3-0,4 мм/ход	
<i>Плоское шлифование торцом круга.</i>						
Конструкционные металлы и инструментальные стали.	На станках с прямоугольным столом: предварительное окончательное	25-30	4-12 2-3	0,015-0,04 0,005-0,01	-	-
	На станках с круглым с вертикальной подачей на каждый оборот стола: предварительное окончательное		10-40	0,015-0,03 0,005	-	

	На станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот стола: предварительное окончательное		2-3	0,1-0,15 0,005	-	
<i>Заточка и доводка инструментов.</i>						
Инструментальные стали.	Заточка	18-25	1,0-3,0	t=0,02-0,04 мм/дв. ход		
	Доводка	18-32	0,5-1,5	t=0,005-0,01 мм/дв. ход		
	Доводка*	15	1,0-1,5	t=0,01 мм/дв. ход		
Твердые сплавы	Предварительная заточка	20-25	1,5-2,0	t=0,03 мм/дв. ход		
	Чистовая заточка	20-30	1,0-2,0	t=0,01-0,02 мм/дв. ход		
	Доводка*	20-30	0,1-0,7	t=0,005-0,02 мм/дв. ход		
<i>*инструмент – алмазные круги.</i>						
<i>Примечания: 1. В - толщина круга, мм. 2. Для расчета мощности при круглом шлифовании, если значение продольной подачи приведено в м/мин, вычисляют продольную подачу в мм/об заготовки по формуле (мм/об)=s(м/мин)*(d/1000vз); где d – диаметр заготовки, мм; vз – окружная скорость заготовки м/мин.</i>						

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3] из раздела 7.

## Практическое занятие № 6

### Расчет технологического процесса наплавки поверхности детали.

Цель работы: Освоить методику расчета технологического процесса наплавки поверхности детали.

Задание: Выполнить расчет технологического процесса наплавки поверхности детали.

Порядок выполнения:

Расчет режима наплавки заключается в определении следующих параметров: силы тока, напряжения дуги, скорости наплавки, скорости подачи электродной проволоки, вылета электрода, шага наплавки, смещение электрода с зенита и др.

Диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от диаметра детали и толщины наращиваемого слоя, при наплавке деталей диаметром 40...200 мм применяют проволоку диаметром 0,8...3,0 мм (см. задание).

Силу тока выбирают в зависимости от диаметра электродной проволоки:

$$I = 0,785d_s^2 D_a,$$

где  $I$  - сила тока, А;

$d_s$  - диаметр электродной проволоки, мм;

$D_a$  - плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Величина плотности тока определяется по формуле

$$D_a = \frac{a + bd_s}{3},$$

где  $a, b$  - эмпирические коэффициенты (для наплавки под слоем флюса  $a = 115, b = 35$ ; в среде углекислого газа  $a = 128, b = 22$ ; для вибродуговой наплавки  $a = 89, b = 9$ ).

Напряжение дуги  $U$  связано с силой тока, его выдерживают для наплавки под флюсом 25...35 В, в среде углекислого газа 18...26 В, для вибродуговой наплавки 13...20 В.

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{np}$  (м/мин)

$$V_{np} = \frac{Q}{0,785d_3^2},$$

где  $Q$  - объём расплавленного металла, см<sup>3</sup>/мин.

Объём расплавленного металла определяют по формуле:

$$Q = \frac{\alpha_n I}{60\rho},$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/Ач;

$\rho$  - плотность расплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

Коэффициент наплавки определяют по формуле

$$\alpha_n = c + ed_3,$$

где  $c, e$  - эмпирические коэффициенты.

Коэффициенты  $c$  и  $e$  принимаются соответственно равными:

- для наплавки под слоем флюса 2,9 и 5,1;
- для наплавки в среде углекислого газа 7,1 и 4,7;
- для вибродуговой наплавки 4,7 и 1,8.

Скорость наплавки  $V_n$  (м/мин)

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d^2 \cdot V_{np} \cdot K \cdot a}{h \cdot S},$$

где  $K$  - коэффициент перерасхода металла на наплавленную поверхность учитывает выгорание или разбрызгивание металла (табл. 1);  $a$  - коэффициент неполноты наплаваемого слоя (табл. 1);  $h$  - толщина наплавленного слоя за один проход принимают в пределах (0,7...1,0) диаметра электродной проволоки, мм;  $S$  - шаг наплавки влияет на качество поверхностного слоя и определяется в зависимости от диаметра проволоки  $S = (1,2...2,0)d_3$ , мм/об.

Таблица 1

Значения коэффициентов  $K$  и  $a$

Вид наплавки	Коэффициенты	
	$K$	$a$
Наплавка под слоем флюса	0,90...0,986	0,96...0,985
Вибродуговая наплавка	0,73...0,92	0,79...0,95
Наплавка в среде CO <sub>2</sub>	0,82...0,90	0,88...0,96

Частота вращения детали

$$n = \frac{1000V_n}{\pi D} \text{ об/мин,}$$

где  $D$  - диаметр наплаваемой поверхности детали, мм.

Вылет электрода зависит от силы тока и устанавливается для наплавки под слоем флюса и для наплавки в среде углекислого газа в пределах от 10...25 мм.

Вылет электродной проволоки при вибродуговой наплавке определяют в зависимости от диаметра проволоки

$$l = (5...8)d_p .$$

Смещение электродной проволоки от зенита для деталей диаметром 50...180 мм составляет 3...10 мм.

Амплитуда вибрации  $a$  электродной проволоки при вибродуговой наплавке может быть определена по формуле

$$a = (1,2...1,3)d_p .$$

Частота вибрации электрода составляет 50...100 Гц.

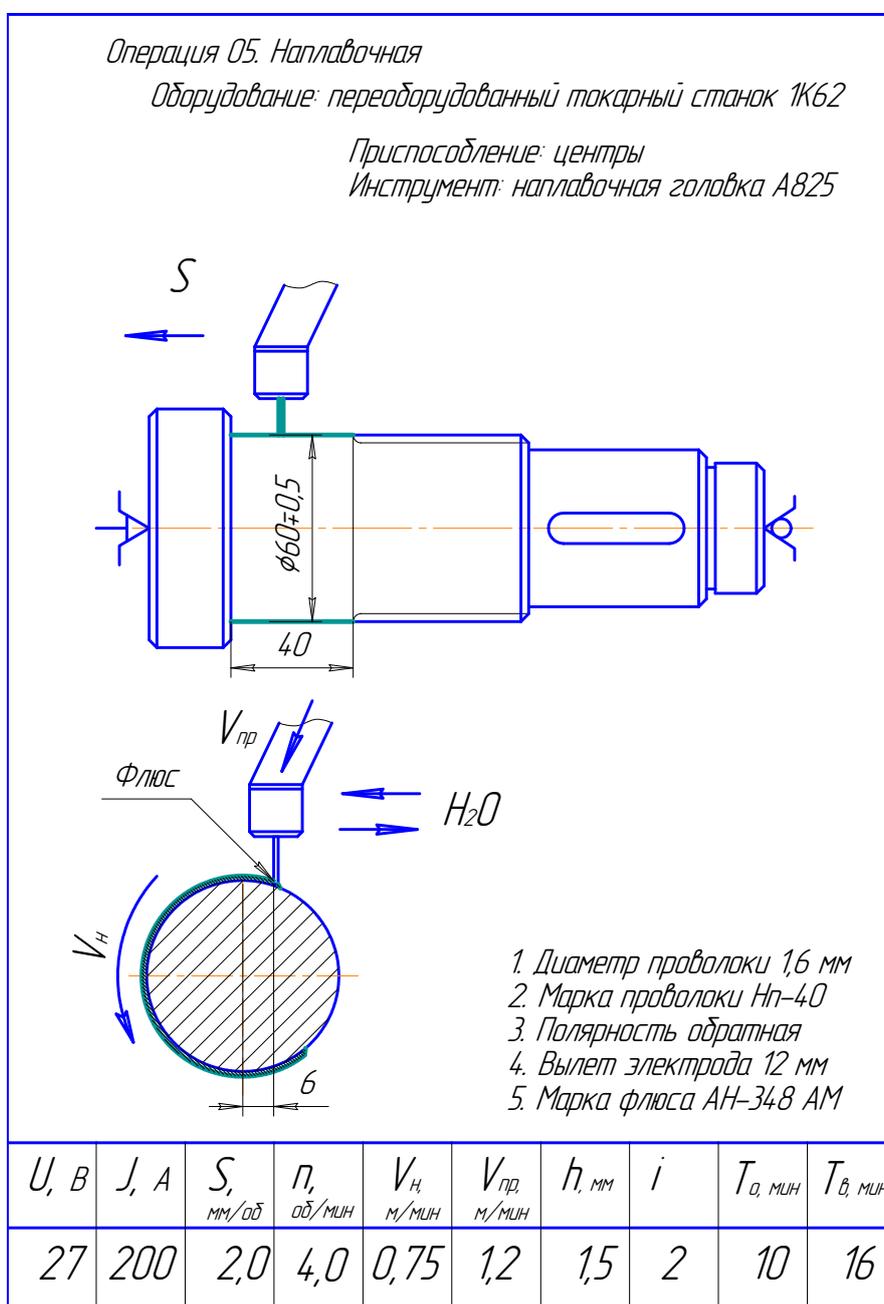
Основное время определяется из отношения

$$T_o = \frac{l}{nS}, \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с переходом, определяется с учётом длины валика

$$T_a = 0,2 \cdot T_o, \text{ мин.}$$

Рассчитанные результаты режимов наплавки и схем выполнения процесса оформляется в виде эскиза.



Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3] из раздела 7.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к занятиям,
- создания презентационного сопровождения лекций;
- создания тематических веб-сайтов;
- интерактивного общения;
- участия в онлайн-конференциях;
- работы в электронной информационной среде;
- Microsoft DreamSpark for Academic Institutions (Операционные системы, Инструменты разработчика, Серверы, Приложения - см. Договор кафедры);
- пакет прикладных программ (Microsoft, Autodesk, Компас, 1С:Предприятие, и др.)
- ОС Windows; OpenOffice; LibreOffice и др.;
- Среда разработки Microsoft Visual Studio;
- Среда разработки и использования электронных Обучающих ресурсов iLogos и т.д.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
ПЗ	дисплейный класс с доступом к сети интернет	ПК класса Пентиум – 10 шт., программный комплекс Microsoft Excel, Word, Компас	№ 1- № 6
Лк	лекционная аудитория (мультимедийный класс)	Интерактивная доска	-
СР	ЧЗ-1	-	-

Приложение 1

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	ФОС
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<b>1.</b> Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ	Экзаменационные вопросы 1–7
		<b>2.</b> Основы ремонта ПТ СДМ	Экзаменационные вопросы 8-10
ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов	<b>3.</b> Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ	Экзаменационные вопросы 11-13
		<b>4.</b> Основы проектирования ремонтных предприятий	Экзаменационные вопросы 14-18

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<p>1. Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин.</p> <p>2. Материально-техническое обеспечение работ по техническому обслуживанию и ремонту машин.</p> <p>3. Основные направления обеспечения ремонтного производства.</p> <p>4. Технологичность и ремонтпригодность конструкции.</p> <p>5. Анализ методов ремонта.</p> <p>6. Технология ремонта типовых деталей ПТ СДМ.</p> <p>7. Основы технологии сборочных процессов.</p> <p>8. Система технического обслуживания ПТ СДМ.</p> <p>9. Система ремонта ПТ СДМ.</p> <p>10. Теоретические основы ремонта ПТ СДМ.</p>	<p>1. Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ</p>
2.	ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов	<p>11. Производственный процесс ремонта ПТ СДМ.</p> <p>12. Технологические методы ремонта деталей.</p> <p>13. Особенности методики проектирования технологических процессов ремонта деталей.</p> <p>14. Общие вопросы проектирования.</p> <p>15. Особенности проектирования отделений основного производства.</p> <p>16. Вспомогательное производство, обслуживающие хозяйства.</p> <p>17. Компоновка производственного корпуса</p> <p>18. Схема генерального плана</p>	<p>2. Основы ремонта ПТ СДМ</p> <p>3. Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ</p> <p>4. Основы проектирования ремонтных предприятий</p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> (ОПК-2) методики исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-4) основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</p> <p><b>Уметь:</b> (ОПК-2) проводить исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-4) разрабатывать основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</p> <p><b>Владеть:</b> (ОПК-2) методиками исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-4) навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.</p>	<b>отлично</b>	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он демонстрирует полное освоение теоретического содержания дисциплины; представляет практические навыки работы на учебных стендах учетом основных требований безопасности; все учебные задания выполнены правильно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
	<b>хорошо</b>	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если в усвоении учебного материала им допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков решений практических задач.
	<b>удовлетворительно</b>	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если в его ответе содержание теоретического материала раскрыто неполно, но показано общее понимание вопроса.
	<b>неудовлетворительно</b>	обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных понятий технологического оборудования предприятий по ремонту СДМ, навыков решения практических задач на учебных стендах.

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Изучение дисциплины «Технологическое оборудование предприятий по ремонту СДМ» охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому и проектно-конструкторскому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

1. Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ.
2. Основы ремонта ПТ СДМ.
3. Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ.
4. Основы проектирования ремонтных предприятий.

Закрепление всех вопросов, рекомендуемых для практических занятий, а также при подготовке к экзамену, требует основательной самостоятельной подготовки. Учитывая значимость самостоятельной работы, литература, вопросы для самопроверки - в разделах «Практические занятия» и «Фонд оценочных средств».

Работа с литературой является обязательной. При этом приветствуется привлечение дополнительных источников из Интернета. В случае возникновения определенных вопросов, обучающийся может обратиться к преподавателю за консультацией как на практических занятиях, так и во время индивидуальных консультаций.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде лекций, практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Технологическое оборудование предприятий по ремонту СДМ**

#### **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: изучение теоретических основ организации и технологии ремонта СДМ; изучение проблем безопасности при ремонте машин заданного качества в установленном производственной программой количестве при минимальной себестоимости.

Задачей изучения дисциплины является: изучить вопросы состояния технологии ремонта подъёмно-транспортных, строительных и дорожных машин, перспективы развития; дать практические навыки по выбору и обоснованию исходных данных для проектирования технологических процессов ремонта ПТ СДМ; освоить общую методологию и принципы ремонта сборочных единиц и машин; научить решать практические задачи технологии и организации ремонта машин.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: ПЗ – 13 час., Лк-26 час., СР – 78 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачетные единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Организация технического обслуживания и ремонта ПТ СДМ.
2. Основы ремонта ПТ СДМ.
3. Основы проектирования технологических процессов капитального ремонта ПТ СДМ.
4. Основы проектирования ремонтных предприятий.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

ПК-4 - способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.

**4. Вид промежуточной аттестации:** экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры СДМ №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*(подпись)*

\_\_\_\_\_

*(Ф.И.О.)*

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы от «06» марта 2015г. №162

**для набора 2014 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413;

**для набора 2015 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015г. № 474, для заочной формы обучения от «01» октября 2015г. № 587;

**для набора 2016 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429, для заочной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429; для заочной ускоренной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429;

**для набора 2017 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017г. № 125, для заочной формы обучения от «06» марта 2017г. № 125; для заочной ускоренной формы обучения от «04» апреля 2017г. № 203;

**для набора 2018 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130, для заочной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130.

**Программу составил:**

Плеханов Г.Н., к.т.н., доцент

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г., протокол № \_\_

И. о. заведующего кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

**СОГЛАСОВАНО:**

И. о. заведующего выпускающей кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

Директор библиотеки

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методической комиссии МФ

Г.Н.Плеханов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления

Г.П. Нежевец

Регистрационный №