



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Системная инженерия в машиностроении

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 03.09.2015 г. № 957)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения 25.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры МиГОДиМ, канд. техн. наук  М.В. Налимова

Рецензент:  
доцент кафедры Механики, канд. техн. наук  М.В. Харченко

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - овладение студентами методами построения технологических процессов, обеспечивающих получение качественных изделий при наименьших затратах труда.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Проектирование технологических процессов входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Технология конструкционных материалов

Контроль качества и диагностирование в машиностроении

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Проектная деятельность

Технологии и оборудование для обработки материалов давлением

Технологии изготовления деталей машин

Технологические процессы обработки металлов давлением

Производственная - практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

Производственная – преддипломная практика

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Проектирование технологических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-5 умением учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании	
Знать	- технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов; - влияние видов обработки на технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения
Уметь	учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
Владеть	навыками проектирования технологических процессов с целью обеспечения технических и эксплуатационных параметров деталей и узлов изделий машиностроения
ПК-8 умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	
Знать	- технико-экономические показатели эффективности технологического процесса; - методику расчета себестоимости обработки; - пути повышения экономической эффективности технологического процесса.

Уметь	- рассчитывать технико-экономические показатели эффективности технологического процесса; - обосновывать пути повышения экономической эффективности технологического процесса
Владеть	навыками проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов
- самостоятельная работа – 89 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Тема "Основные понятия и определения".								
1.1 Производственный и технологический процессы. Структура технологического процесса. Типы производства. Организационные формы работы	5	2			6	Изучение литературы, конспектирование	Конспект	ПК-5
Итого по разделу		2			6			
2. Тема "Точность обработки деталей".								
2.1 Понятие о точности. Основные факторы, влияющие на точность обработки. Размерные цепи.	5	2		4/2И	12	Изучение литературы, конспектирование	Конспект. Сдача практических работ.	ПК-5
Итого по разделу		2		4/2И	12			
3. Тема "Качество поверхностей деталей"								
3.1 Понятие о качестве поверхности. Основные параметры шероховатости поверхностей. Факторы, влияющие на шероховатость обработанной поверхности. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей машин и узлов.	5	2		2/2И	8	Изучение литературы, конспектирование	Конспект. Сдача практической работы	ПК-5
Итого по разделу		2		2/2И	8			
4. Тема "Виды заготовок. Припуски на обработку".								

4.1 Классификация заготовок в машиностроении и способов их получения. Техничко-экономическое значение припусков. Факторы, влияющие на величину припуска. Расчет припусков.	5	2		6/4И	14	Изучение литературы, конспектирование	Конспект. Сдача практических работ.	ПК-8, ПК-5
Итого по разделу		2		6/4И	14			
5. Тема "Основные принципы проектирования технологических процессов изготовления изделий в машиностроении"								
5.1 Виды технологических процессов. Проектирование единичного технологического процесса. Анализ исходных данных для проектирования. Анализ технологичности конструкции детали. Выбор заготовки. Назначение технологических баз. Установление последовательности и выбор методов обработки. Выбор оборудования, приспособлений и инструментов для обработки. Установление режимов обработки. Нормирование технологического процесса. Оформление документации. Типовые и групповые технологические процессы. Проектирование технологического процесса сборки. Оценка технико-экономической эффективности технологического процесса.	5	10		24/6,4И	49	Изучение литературы, конспектирование	Конспект. Сдача практических работ	ПК-8, ПК-5
Итого по разделу		10		24/6,4И	49			
Итого за семестр		18		36/14,4И	89		зачёт	
Итого по дисциплине		18		36/14,4И	89		зачет	ПК-5,ПК-8

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Проектирование технологических процессов» используются:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер. Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий: лекция.

2. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды. Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий: практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленной на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией. Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий: лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник / В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, Н. П. Солнышкин, С. И. Дмитриев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1629-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168684> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: учебное пособие / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1140-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168901> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Копылов, Ю. Р. Технология машиностроения: учебное пособие / Ю. Р. Копылов. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-4723-7. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142335>

2. Мордвинов, Б. С. Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки: учебное пособие / Б. С. Мордвинов, Е. С. Огурцов. — Омск: ОмГТУ, 2016. — 160 с. — ISBN 978-5-8149-2363-9. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149134> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Марголит, Р. Б. Технология машиностроения : учебник для вузов / Р. Б. Марголит. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 413 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04273-3. — URL : <https://urait.ru/bcode/452882>

### в) Методические указания:

Налимова, М.В., Залетов, Ю.Д., Анцупов, А.В. Методические указания к лабораторным и практическим работам по дисциплине «Технология машиностроения» (часть 1) для студентов специальности 151001. – Магнитогорск: МГТУ, 2010 – 38 с.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

#### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Методические материалы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

Шкафы для хранения учебно-методической документации и учебно-наглядных пособий.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
<b>1. Тема Основные понятия и определения.</b> Производственный и технологический процессы. Структура технологического процесса. Типы производства. Организационные формы работы.	Изучение литературы, конспектирование	6	Конспект
<b>2. Тема Точность обработки деталей</b> Понятие о точности. Основные факторы, влияющие на точность обработки. Размерные цепи.	Изучение литературы, конспектирование	12	Конспект. Сдача практических работ
<b>3. Тема Качество поверхностей деталей</b> Понятие о качестве поверхности. Основные параметры шероховатости поверхностей. Факторы, влияющие на шероховатость обработанной поверхности. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей машин и узлов.	Изучение литературы, конспектирование	8	Конспект Сдача практической работы
<b>4. Тема Виды заготовок. Припуски на обработку.</b> Классификация заготовок в машиностроении и способов их получения. Технико-экономическое значение припусков. Факторы, влияющие на величину припуска. Расчет припусков.	Изучение литературы, конспектирование	14	Конспект Сдача практических работ
<b>5. Тема Основные принципы проектирования технологических процессов изготовления изделий в</b>	Изучение литературы, конспектирование	49	Конспект Сдача практических работ

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
<p><b>машиностроении.</b>  Виды технологических процессов. Проектирование единичного технологического процесса. Анализ исходных данных для проектирования. Анализ технологичности конструкции детали. Выбор заготовки. Назначение технологических баз. Установление последовательности и выбор методов обработки. Выбор оборудования, приспособлений и инструментов для обработки. Установление режимов обработки. Нормирование технологического процесса. Оформление документации. Типовые и групповые технологические процессы. Оценка технико-экономической эффективности технологического процесса.</p>			работ
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>89</b>	<b>Промежуточный контроль (зачет)</b>

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>Код и содержание компетенции ПК-5: умением учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании</b>		
Знать	- технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов; - влияние видов обработки на технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения	<b>Контрольные вопросы:</b> 1. Что такое точность? 2. Назовите отклонения расположения поверхностей деталей и их обозначения на чертежах. 3. Назовите отклонения формы деталей и их обозначения на чертежах. 4. Чем характеризуется качество поверхностей деталей машин? 5. Какие виды термической обработки влияют на повышение твердости поверхности? 6. В каком случае применяется химико-термическая обработка деталей? 7. Для обеспечения каких физико-механических свойств используются способы поверхностно-пластической деформации? 8. Как влияют режимы резания при механической обработке на шероховатость поверхности? 9. Назовите эксплуатационные параметры деталей и узлов. 10. Какие факторы влияют на точность при обработке деталей? 11. Как влияет шероховатость на эксплуатационные параметры деталей и узлов?
Уметь	учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании	<b>Пример практической работы:</b>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;"><b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ</b></p> <p><i>Цель работы</i> – получение навыков в выборе и определении последовательности способов обработки деталей машин, обеспечивающей требуемое качество поверхности. Работа рассчитана на два академических часа.</p> <p style="text-align: center;"><b>Основные положения</b></p> <p>Эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, выносливость, сопротивление коррозии и др.) зависят от размерной точности и качества их поверхностей. Последнее в свою очередь определяется совокупностью характеристик шероховатости поверхности, физико-механическими свойствами (твердость, микротвердость, величина и знак остаточных напряжений и др.) и микроструктурой поверхностного слоя.</p> <p>Размерная точность и шероховатость поверхностей детали определяются способом (последовательностью способов) ее механической обработки. Каждому способу механической обработки соот-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ветствует свой диапазон размерной точности и высоты микронеровностей.</p> <p>Для обеспечения требуемых физико-механических свойств поверхностного слоя детали машин подвергаются упрочняющей обработке. Различным способом такой обработки присущи свои технологические возможности [6].</p> <p style="text-align: center;"><b>Методические указания</b></p> <p>В работе производится выбор и определение последовательности способов механической и упрочняющей обработки, обеспечивающих требуемую размерную точность и качество поверхности детали, а следовательно, требуемые эксплуатационные свойства.</p> <p>При выборе и определении способа (последовательности способов) механической и упрочняющей обработки необходимо руководствоваться техническими требованиями чертежа детали, а также известными зависимостями между параметрами качества поверхности и условиями эксплуатации детали. Так, например, повышение износостойкости достигается за счет высокой твердости (микротвердости) поверхностного слоя. Увеличение выносливости обеспечивается в результате создания минимальной высоты микронеровностей, значительной твердости (микротвердости) и сжимающих остаточных напряжений и т. д.</p> <p>В случае если достижение одинаковых параметров качества поверхности возможно при различных способах механической обработки, производится сопоставление их себестоимости по приведенным затратам <math>C_{пз}</math>.</p> <p>Себестоимость рассчитывается по формуле</p> $C = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60},$ <p>где <math>T_{шт}</math> – штучное время на операции.</p> <p>Выполнение работы производится в соответствии с заданием, которое выдается преподавателем на группу из двух-трех студентов. Варианты задания приведены в табл. 2.15.1.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
---------------------------------	---------------------------------	--------------------

Таблица 2.15.1

## Варианты задания

Тип поверхности	Материал	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
		Квалитет допуска размера	Ra, мкм	Твердость	Величина остаточных напряжений сжатия, Па	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная Вращения	Сталь 40ХН	5	0,1	55 HRC <sub>c</sub>	600	0,8
	Сталь 20Х	5	0,025	800 HV	800	0,08
	Сталь 12ХН2	6	0,2	62 HRC <sub>c</sub>	950	1,2
	Сталь 45	10	0,05	2800 НВ, МПа	750	1,1
Внутренняя	Сталь 38Х2ЮМА	7	0,4	750 HV	900	0,07
	Сталь 18ХГТ	7	0,2	64 HRC <sub>c</sub>	1000	1,2
	Сталь 40Х	8	0,1	54 HRC <sub>c</sub>	550	1,4
	Сталь 10	6	0,4	2500 НВ, МПа	700	0,4
Цилиндрическая	Сталь 20ХГР	7	0,025	58 HRC <sub>c</sub>	680	0,04
Отверстия	Сталь 45	8	0,4	52 HRC <sub>c</sub>	500	0,8

Значения приведенных затрат штучного времени, средней экономической точности и высоты микронеровностей поверхности деталей, достигаемые при различных способах механической обработки наружных поверхностей тел вращения и цилиндрических отверстий, приведены в табл. 2.15.2.

Технологические возможности некоторых способов упрочняющей обработки сведены в табл. 2.15.3.

Используя исходные данные, а также сведения из табл. 2.15.2 и табл. 2.15.3, осуществляют выбор и определение последовательности способов обработки детали. При выборе способа упрочняющей обработки следует иметь в виду, что стали с содержанием углерода до 0,4 % подвергаются химико-термической (термодиффузной) обработке. Поверхностное пластическое деформирование используется для нетермообработываемых деталей. Абразивная финишная обработка производится после химико-термического или термического упрочнения.

Таблица 2.15.2

Приведенные затраты, время на выполнение операций, точность и высота микронеровностей при различных способах обработки

Способ	Приведенные затраты $C_{пл}$ , руб./ч	Штучное время $T_{шт}$ , мин	Квалитет допуска размера	Параметр шероховатости Ra, мкм
Наружные поверхности вращения				
<b>Обтачивание:</b>				
- получистовое или однократное	224	2,29	11-13	2,5-1,6
- чистовое	224	2,49	8-10	6,3-0,4
- тонкое	269	2,19	6-9	1,6-0,2
<b>Шлифование:</b>				
- предварительное	230	2,14	8-9	6,3-0,4
- чистовое	230	2,14	6-7	3,2-0,2
- тонкое	317	2,66	5-6	1,6-0,1
<b>Притирка, суперфиниширование</b>				
	-	-	4-5	0,8-0,1
Цилиндрические отверстия				
<b>Сверление и рассверление</b>				
- литого или прошитого отверстия	237	1,53	10-13	2,5-0,4
- чистовое после черного сверления	237	1,53	8-9	2,5-0,4
<b>Развертывание:</b>				
- нормальное	237	1,74	10-11	1,25-0,8
- точное	237	2,32	7-9	6,3-0,4
- тонкое	237	3,87	5-6	3,2-0,1
<b>Протравливание:</b>				
- литого или прошитого отверстия	268	0,8	10-11	1,25-0,8
- чистовое после черного сверления	268	0,8	6-9	6,3-0,2
<b>Растачивание:</b>				
- черновое	361	1,49	11-13	2-1,6
- чистовое	361	1,72	8-10	6,3-0,4
- тонкое	241	1,96	5-7	3,2-1,6
<b>Шлифование:</b>				
- предварительное или однократное	361	7,2	8-9	6,3-0,4
- чистовое	361	8,28	6-7	3,2-0,2
- тонкое	241	8,64	5	1,6-0,1
<b>Притирка, хонингование</b>				
	228		4-5	1,6-0,1

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
---------------------------------	---------------------------------	--------------------

Таблица 2.15.3

Окончание табл. 2.15.3

## Классификация и технологические возможности способов упрочняющей поверхностной обработки деталей машин

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнения	Способ упрочнения	Технологические возможности						
		Материал заготовки	Точность обработки	Параметр шероховатости Ra, мкм	Твердость обработанной поверхности	Величина остаточных напряжений в поверхностном слое, Па	Толщина упрочненного слоя, мм	
							минимальная	максимальная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя (наклепом). Повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое, улучшение микрогеометрии обработанной поверхности	Накатывание роликами	Чугун, сталь, сплавы из цветных металлов	Сохраняется от предыдущей обработки	1,6-0,05	Увеличивается на 20-50 %	600-900	1,0	2,0
	Накатывание шариком	—	—	0,4-0,05	—	600-900	0,3	0,5
	Раскатывание шариком (роликом)	—	7-9 квал.	0,4-0,5	—	600-900	0,1	0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упрочнение поверхностной химико-термической (термодиффузионной) обработкой. Изменение физико-химических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое	Цементация	Малоуглеродистая сталь	Коробление (поводка) 0,05-0,15 мм	Увеличивается в 2-4 раза	60-70 HRC <sub>c</sub>	400-1000	0,5	2,0
	Азотирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05-0,10 мм	—	650-1200 HV	400-1000	0,05	0,60
	Цианирование	Сталь	—	—	60-75 HRC <sub>c</sub>	400-1000	0,01	2,5
	Хромирование	—	—	—	1600-2000 HV	—	0,02	0,30
Упрочнение поверхностной термической обработкой. Изменение физико-механических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений	Закалка с нагревом	Сталь	Коробление 0,03-0,07 мм	Не изменяется	1600-2000 HV	400-1000	0,2	10

Ниже приводятся примеры выполнения работы. Задания для рассматриваемых примеров приведены в табл. 2.15.4.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
---------------------------------	---------------------------------	--------------------

Таблица 2.15.4

Варианты задания рассматриваемых примеров

Тип поверхности	Материалы	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
		Квалитет	Ra, мкм	Твердость	Величина остаточных напряжений, Па	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная вращения	Сталь 12ХНЗА	5	0,1	62 HRC,	850	1,2
Внутренняя цилиндрического отверстия	Сталь 40ХМ	5	0,4	55 HRC,	640	0,3

**Пример 1.** Анализируя содержание задания, приходим к следующим выводам. Требования к размерной точности и шероховатости наружной поверхности вращения можно обеспечить в результате следующей последовательности способов механической обработки: обтачивание предварительное и чистовое, шлифование предварительное чистовое и тонкое (табл. 2.15.2). С учетом того, что деталь изготавливается из малоуглеродистой стали ( $C = 0,12\%$ ), а также требований к твердости, величине остаточных напряжений и толщине упрочненного слоя выбирается способ упрочняющей обработки (табл. 2.15.3) – цементация. Тогда вся последовательность способов обработки, обеспечивающих требуемую размерную точность и качество поверхности, представляет собой следующее: обтачивание предварительное и чистовое, цементация, шлифование предварительное, чистовое и тонкое. Указанная последовательность способов обработки представляется в виде схемы рис. (2.15.1).



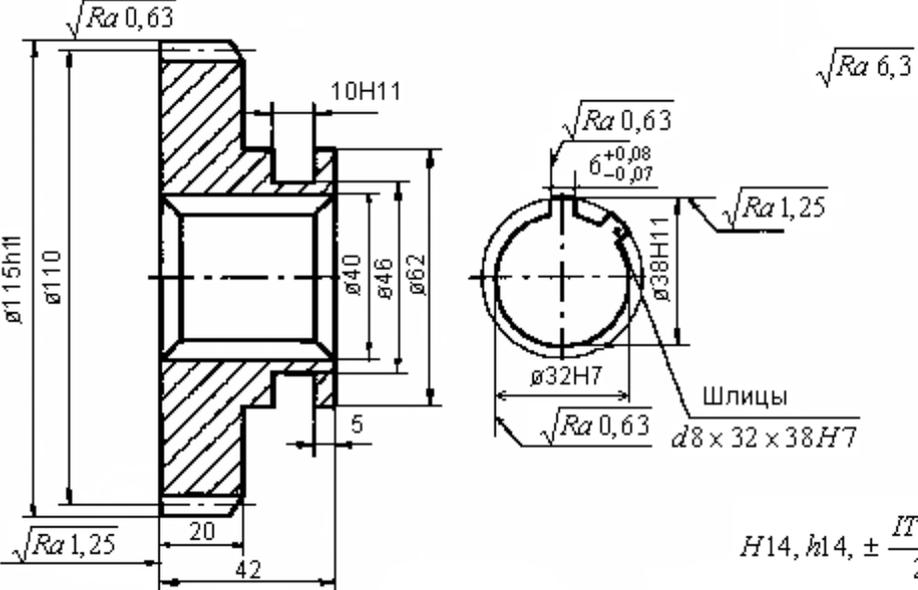
Рис. 2.15. 1. Схема комплекса способов и результатов обработки наружной цилиндрической поверхности

**Пример 2.** Действуя в той же последовательности, что и в первом случае, из табл. 2.15.2 выбираем комплекс способов механической обработки: зенкерование или черновое растачивание или протягивание; тонкое растачивание и хоингование. В данном случае возможны три варианта предварительной обработки отверстия. Выбор способа обработки производится по результатам определения себестоимости. Используя данные табл. 2.15.2, определяем себестоимость каждого варианта обработки.

**Обозначим себестоимость:**

- зенкерование  $C_1$ ;
- черновое растачивание  $C_2$ ;
- протягивание  $C_3$ .

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>Тогда</i></p> $C_1 = \frac{237 \cdot 1,53}{60} = 6,04 \text{ руб};$ $C_2 = \frac{361 \cdot 1,49}{60} = 8,96 \text{ руб};$ $C_3 = \frac{268 \cdot 0,8}{60} = 3,57 \text{ руб}.$ <p>Таким образом, по минимуму себестоимости предпочтение следует отдать протягиванию.</p> <p>Материал детали содержит 0,4 %. С учетом требований к физико-механическим свойствам поверхностного слоя выбирается способ упрочнения (см.табл.2.15.3) – поверхностная закалка с нагревом ТВЧ. Весь комплекс способов обработки представлен на рис. 2.15.2.</p>  <p>Рис. 2.15.2. Схема комплекса способов и результатов обработки внутренней цилиндрической поверхности</p> <p style="text-align: right;"><b>Порядок выполнения работы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проанализировать задание, выданное для выполнения работы.</li> <li>2. Выбрать последовательность механической обработки (табл. 2.15.1 и 2.15.2) в зависимости от типа поверхности и требований к размерной точности и шероховатости поверхности.</li> <li>3. В случае необходимости произвести сравнение вариантов механической обработки по себестоимости.</li> <li>4. Выбрать способ упрочняющей обработки (табл.2.15.3) в зависимости от материала детали и требований к физико-механическим свойствам поверхности.</li> <li>5. Определить общую последовательность способов обработки, обеспечивающую требуемое качество поверхности.</li> <li>6. Составить схему выбранной последовательности способов обработки.</li> <li>7. Проанализировать полученные результаты.</li> <li>8. Составить отчет.</li> </ol> <p style="text-align: right;"><b>Содержание отчета</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Название работы.</li> <li>2. Содержание задания.</li> <li>3. Анализ задания и обоснование выбранной последовательности механической обработки и способа упрочнения.</li> <li>4. Схема последовательности способов обработки.</li> <li>5. Заключение.</li> </ol> <p style="text-align: right;"><b>Контрольные вопросы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что является исходными данными для выбора способов и последовательности обработки?</li> <li>2. Как определяется себестоимость механической обработки по приведенным затратам?</li> <li>3. Как выбирается способ поверхности упрочнения?</li> <li>4. В каком случае применяется способ химико-термического упрочнения?</li> <li>5. Для обеспечения каких физико-механических свойств используются способы поверхностного пластического деформирования?</li> </ol>
Владеть	навыками проектирования	<b>Задание:</b> Составить технологический процесс изготовления данной детали с обеспечением ее технических и эксплуатационных параметров.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	технологических процессов с целью обеспечения технических и эксплуатационных параметров деталей и узлов изделий машиностроения	 <p>Technical drawing showing a shaft-hub assembly with dimensions and surface roughness values. The shaft has a diameter of <math>\varnothing 32H7</math> and a length of 42. The hub has an outer diameter of <math>\varnothing 62</math> and an inner diameter of <math>\varnothing 32H7</math>. The drawing includes surface roughness values (<math>\sqrt{Ra}</math>) and tolerances (IT) for various parts. The shaft has <math>\sqrt{Ra} 0,63</math> and <math>IT14</math>. The hub has <math>\sqrt{Ra} 1,25</math> and <math>IT14</math>. The keyway has <math>\sqrt{Ra} 0,63</math> and <math>IT14</math>. The drawing also shows a cross-section of the keyway with dimensions <math>6^{+0,08}_{-0,07}</math> and <math>\varnothing 38H11</math>.</p>

**Код и содержание компетенции ПК-8: умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений**

Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- технико-экономические показатели эффективности технологического процесса;</li> <li>- методику расчета себестоимости обработки;</li> <li>- пути повышения</li> </ul>	<p><b>Контрольные вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Из чего складывается себестоимость детали?</li> <li>2. Что входит в себестоимость обработки?</li> <li>3. Что такое норма штучного и штучно-калькуляционного времени обработки детали?</li> <li>4. Как рассчитывается основное (технологическое) время обработки?</li> <li>5. Что такое коэффициент использования станка по основному времени?</li> <li>6. Что такое коэффициент загрузки оборудования?</li> <li>7. Как определить степень автоматизации производства?</li> <li>8. Порядок расчета себестоимости обработки изделий машиностроения.</li> <li>9. Возможности снижения основного времени на обработку.</li> </ol>
-------	--	--

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	экономической эффективности технологического процесса.	<p>10. Возможности снижения вспомогательного времени на обработку.</p> <p>11. Возможности снижения технологической себестоимости изделий машиностроения.</p> <p>12. Цель функционально-стоимостного анализа технологических процессов и его этапы.</p> <p>13. Расчет абсолютной экономической эффективности технологических процессов.</p> <p>14. Сравнительная экономическая эффективность технологических процессов.</p> <p>15. Пути повышения экономической эффективности технологического процесса.</p>
Уметь	<p>- рассчитывать технико-экономические показатели эффективности технологического процесса;</p> <p>- обосновывать пути повышения экономической эффективности технологического процесса</p>	<p><b>Пример задания:</b></p> <p><b>Задача 3.3.</b> Определить себестоимость изготовления заготовки для детали «вал-шестерня», полученной штамповкой на молотах, — черт. ТМ1 (см. прил. 1). Годовая программа выпуска — 10 000 шт.</p> <p><b>Решение.</b> Себестоимость производства заготовки — штамповки на молотах определяется по зависимости (3.1):</p> $1) G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{в.т}}}$ <p>Так как <math>K_{\text{в.т}} = 0,8</math> (см. табл. 3.6), <math>G_{\text{д}} = 6,3</math> кг, то</p> $G_{\text{заг}} = \frac{6,3}{0,8} = 7,9 \text{ кг};$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;">2) <math>C = C_1 - \frac{(C_1 - C_2)(G_{\text{заг}} - M_1)}{M_2 - M_1}</math>.</p> <p>Так как <math>M_1 = 7,15</math> кг, <math>M_2 = 9</math> кг, <math>C_1 = 446</math> руб., <math>C_2 = 432</math> руб. (см. табл. 3.12), то</p> $C = 446 - \frac{(446 - 432)(7,9 - 7,15)}{9 - 7,15} = 440,3 \text{ руб.};$ <p style="text-align: center;">3) <math>C_{\text{заг}} = \left[ \frac{C + K_{\text{т.о}}}{1000} G_{\text{заг}} K_{\text{т}} K_{\text{с}} - (G_{\text{заг}} - G_{\text{л}}) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] K_{\text{ф}}</math>.</p> <p>Так как <math>K_{\text{т.о}} = 8</math> (см. табл. 3.13), <math>K_{\text{т}}</math> для штамповок, поковок, проката не учитывается, <math>K_{\text{с}} = 1</math> (см. табл. 3.16), <math>S_{\text{отх}} = 27</math> руб./т, <math>K_{\text{ф}} = 5</math>, то</p> $C_{\text{заг}} = \left[ \frac{440,3 + 8}{1000} \cdot 7,9 \cdot 1 - (7,9 - 6,3) \frac{27}{1000} \right] \cdot 5 = 17,5 \text{ руб.}$ <p>Итак, стоимость заготовки-штамповки для ТМ1 – 17,5 руб.</p>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																													
		<p data-bbox="757 320 1601 448"><b>Задача 6.13.</b> Токарная обработка наружных поверхностей деталей производится на различных станках. Определить более экономичный вариант при двухсменном режиме работы. Исходные данные представлены в табл. 6.12.</p> <p data-bbox="1458 499 1601 523" style="text-align: right;">Таблица 6.12</p> <p data-bbox="994 536 1368 560" style="text-align: center;">Исходные данные к задаче 6.13</p> <table border="1" data-bbox="763 584 1599 1273"> <thead> <tr> <th data-bbox="763 584 976 624">Вариант задания</th> <th colspan="2" data-bbox="976 584 1189 624">1</th> <th colspan="2" data-bbox="1189 584 1368 624">2</th> <th colspan="2" data-bbox="1368 584 1599 624">3</th> </tr> <tr> <th data-bbox="763 624 976 695">Вариант обработки</th> <th data-bbox="976 624 1072 695">1</th> <th data-bbox="1072 624 1189 695">2</th> <th data-bbox="1189 624 1285 695">1</th> <th data-bbox="1285 624 1368 695">2</th> <th data-bbox="1368 624 1464 695">1</th> <th data-bbox="1464 624 1599 695">2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="763 695 976 727">Модель станка</td> <td data-bbox="976 695 1072 727">16Б16А</td> <td data-bbox="1072 695 1189 727">16Б16Ф3</td> <td data-bbox="1189 695 1285 727">1Г340</td> <td data-bbox="1285 695 1368 727">1К282</td> <td data-bbox="1368 695 1464 727">1Н713</td> <td data-bbox="1464 695 1599 727">1Б290П-6К</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 727 976 815">Штучно-калькуляционное время обработки, мин</td> <td data-bbox="976 727 1072 759">14,0</td> <td data-bbox="1072 727 1189 759">8,0</td> <td data-bbox="1189 727 1285 759">8,4</td> <td data-bbox="1285 727 1368 759">2,2</td> <td data-bbox="1368 727 1464 759">3,6</td> <td data-bbox="1464 727 1599 759">0,9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 815 976 871">Разряд станочника</td> <td data-bbox="976 815 1072 847">5</td> <td data-bbox="1072 815 1189 847">3</td> <td data-bbox="1189 815 1285 847">3</td> <td data-bbox="1285 815 1368 847">2</td> <td data-bbox="1368 815 1464 847">3</td> <td data-bbox="1464 815 1599 847">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 871 976 927">Разряд наладчика</td> <td data-bbox="976 871 1072 903">—</td> <td data-bbox="1072 871 1189 903">5</td> <td data-bbox="1189 871 1285 903">4</td> <td data-bbox="1285 871 1368 903">5</td> <td data-bbox="1368 871 1464 903">4</td> <td data-bbox="1464 871 1599 903">5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 927 976 1015">Число станков, шт., обслуживаемых в смену:</td> <td colspan="6" data-bbox="976 927 1599 1015"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 1015 976 1046">    станочником</td> <td data-bbox="976 1015 1072 1046">1</td> <td data-bbox="1072 1015 1189 1046">2</td> <td data-bbox="1189 1015 1285 1046">1</td> <td data-bbox="1285 1015 1368 1046">2</td> <td data-bbox="1368 1015 1464 1046">2</td> <td data-bbox="1464 1015 1599 1046">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 1046 976 1078">    наладчиком</td> <td data-bbox="976 1046 1072 1078">—</td> <td data-bbox="1072 1046 1189 1078">6</td> <td data-bbox="1189 1046 1285 1078">8</td> <td data-bbox="1285 1046 1368 1078">3</td> <td data-bbox="1368 1046 1464 1078">5</td> <td data-bbox="1464 1046 1599 1078">5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 1078 976 1182">Действительный годовой фонд времени работы станка, ч</td> <td data-bbox="976 1078 1072 1110">4015</td> <td data-bbox="1072 1078 1189 1110">3890</td> <td data-bbox="1189 1078 1285 1110">4015</td> <td data-bbox="1285 1078 1368 1110">4015</td> <td data-bbox="1368 1078 1464 1110">4015</td> <td data-bbox="1464 1078 1599 1110">4015</td> </tr> <tr> <td data-bbox="763 1182 976 1270">Годовая программа выпуска деталей, шт.</td> <td data-bbox="976 1182 1072 1214">1000</td> <td data-bbox="1072 1182 1189 1214">1000</td> <td data-bbox="1189 1182 1285 1214">5000</td> <td data-bbox="1285 1182 1368 1214">5000</td> <td data-bbox="1368 1182 1464 1214">30 000</td> <td data-bbox="1464 1182 1599 1214">30 000</td> </tr> </tbody> </table>	Вариант задания	1		2		3		Вариант обработки	1	2	1	2	1	2	Модель станка	16Б16А	16Б16Ф3	1Г340	1К282	1Н713	1Б290П-6К	Штучно-калькуляционное время обработки, мин	14,0	8,0	8,4	2,2	3,6	0,9	Разряд станочника	5	3	3	2	3	2	Разряд наладчика	—	5	4	5	4	5	Число станков, шт., обслуживаемых в смену:							станочником	1	2	1	2	2	3	наладчиком	—	6	8	3	5	5	Действительный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	3890	4015	4015	4015	4015	Годовая программа выпуска деталей, шт.	1000	1000	5000	5000	30 000	30 000
Вариант задания	1		2		3																																																																										
Вариант обработки	1	2	1	2	1	2																																																																									
Модель станка	16Б16А	16Б16Ф3	1Г340	1К282	1Н713	1Б290П-6К																																																																									
Штучно-калькуляционное время обработки, мин	14,0	8,0	8,4	2,2	3,6	0,9																																																																									
Разряд станочника	5	3	3	2	3	2																																																																									
Разряд наладчика	—	5	4	5	4	5																																																																									
Число станков, шт., обслуживаемых в смену:																																																																															
станочником	1	2	1	2	2	3																																																																									
наладчиком	—	6	8	3	5	5																																																																									
Действительный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	3890	4015	4015	4015	4015																																																																									
Годовая программа выпуска деталей, шт.	1000	1000	5000	5000	30 000	30 000																																																																									

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирование технологических процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, умений и владений, и проводится в форме зачета.

***Вопросы для подготовки к зачету:***

1. Производственный и технологический процессы.
2. Структура технологического процесса.
3. Типы производства.
4. Организационные формы работы.
5. Точность обработки.
6. Основные факторы, влияющие на точность обработки.
7. Размерные цепи.
8. Качество поверхности.
9. Основные параметры шероховатости поверхностей.
10. Факторы, влияющие на шероховатость обработанной поверхности.
11. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей машин и узлов.
12. Классификация заготовок в машиностроении и способов их получения.
13. Техничко-экономическое значение припусков.
14. Факторы, влияющие на величину припуска.
15. Виды технологических процессов.
16. Этапы проектирования технологического процесса.
17. Проектирование технологического процесса сборки.
18. Оценка технико-экономической эффективности технологического процесса.

**Показатели и критерии оценивания:**

– на оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала.

– на оценку «не зачтено» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации и не может показать знание учебного материала.

