

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Суслин А. В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГТД И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	диф. зач.
4	8	3	108	68	34	0	34	40	36	0	4	диф. зач.
ВСЕГО		6	216	136	68	0	68	80	36	0	44	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО _____
ВООРУЖЕНИЯ

Васильков Дмитрий Витальевич, д.т.н., профессор, профессор

Кафедра Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО _____
ВООРУЖЕНИЯ

Петров Владимир Маркович, д.т.н., профессор, профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО
ВООРУЖЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Иванов К.М., д.т.н., проф. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГТД И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-5.2 — способность разрабатывать технологические процессы изготовления ДСЕ
ПСК-5.4/24 — способность разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-5.2

знания:

стандарты, нормативные документы и технологические инструкции для разработки технологических процессов изготовления ДСЕ;;

умения:

разрабатывать технологические процессы изготовления ДСЕ;;

навыки:

разработки и согласования технологических процессов изготовления ДСЕ..

ПСК-5.4/24

знания:

- методы и средства аддитивных технологий;

- порядок разработки технологии изготовления изделий аддитивного производства;;

умения:

- применять методы и средства аддитивных технологий;

- разрабатывать технологические процессы изготовления изделий аддитивного производства;;

навыки:

разработки технологических процессов изготовления изделий аддитивного производства и последующей обработки..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГТД И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ГТД, ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПСК-5.1 — Способен разрабатывать и выпускать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей, а так же средства технологического оснащения
- ПСК-5.2 — Способен разрабатывать технологические процессы изготовления ДСЕ
- ПСК-5.4/24 — Способен разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-5.2	ПСК-5.4/24
4	7	Раздел 1. Особенности современных ГТД как объектов производства. Обеспечение показателей качества изделий при изготовлении. Основные элементы и параметры ГТД. Особенности и пути совершенствования ГТД. Технологичность ГТД и его элементов. Направления совершенствования технологических процессов производства деталей и сборочных единиц. Методы достижения заданной точности показателей качества деталей и сборочных единиц. Технологические условия, необходимые при использовании метода автоматического получения параметров заготовок на настроенном оборудовании. Структурно-логическая схема обеспечения показателей качества изделий. Формирование принципиального плана технологического процесса изготовления деталей.	30	20	10	10	10	30	15
4	7	Раздел 2. Производство лопаток ГТД. Производство крыльчаток. Конструктивные элементы лопаток компрессора и турбины. Технология производства лопаток компрессора. Технология производства лопаток турбины. Особенности технологии производства лопаток первой ступени турбины и компрессора. Поверхностное упрочнение лопаток. Контроль и испытания лопаток ГТД. Конструкция, технические условия и материал крыльчаток. Построение технологических процессов изготовления крыльчаток. Выполнение основных операций изготовления крыльчаток. Повышение ресурса и надежности работы крыльчаток технологическими методами.	26	16	8	8	10	15	0
4	7	Раздел 3. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей. Изготовление дисков. Конструкция, технические требования и материалы. Технология изготовления дисков. Изготовление валов. Конструкция, технические требования и материалы. Технология изготовления валов. Изготовление корпусных деталей. Конструкция, технические требования и материалы. Технология изготовления корпусных деталей. Изготовление зубчатых колес ГТД. Конструкция, технические требования и материалы. Технология изготовления зубчатых колес. Изготовление деталей из композиционных материалов. Виды, свойства и особенности получения композиционных материалов. Особенности конструкции деталей, технические требования. Технология изготовления деталей из композиционных материалов. Аддитивные технологии и особенности их применения.	38	24	12	12	14	10	45
4	7	Раздел 4. Технологическое проектирование изготовления деталей ГТД. Роботизированное производство деталей ГТД. Регламенты времени. Маршрутно-технологический график загрузки оборудования. Определение количества технологического оборудования. Технологическая компоновка оборудования. Роботизированное обслуживание рабочего места. Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы РПУ. Разработка технологической компоновки РПУ.	14	8	4	4	6	5	10
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	60	70
4	8	Раздел 5. Общие вопросы сборки. Технологические методы обеспечения надежности сборочных единиц. Технологичность конструкции при сборке. Точность сборки: расчеты точности, методы достижения заданной точности сборочных параметров. Контроль сборочных параметров: контроль основных геометрических параметров, контроль герметичности. Балансировка роторов. Подготовительные операции. Организация сборочных работ. Оснастка, оборудование и вспомогательные материалы сборочного процесса.	38	24	12	12	14	15	10
4	8	Раздел 6. Основы технологии сборки. Сборка неподвижных разъемных соединений: резьбовые соединения, прессовые соединения. Сборка неразъемных соединений: сварные соединения, паяные соединения, механические соединения, клеевые соединения. Сборка подвижных соединений: подшипники качения, подшипники скольжения, зубчатые сопряжения, уплотнения. Механизация и автоматизация процессов сборки. Проектирование технологических процессов сборки.	26	16	8	8	10	10	10
4	8	Раздел 7. Узловая и общая сборка ГТД. Сборка составных частей ГТД: компрессоры, камеры сгорания, сопловые аппараты, турбины, редукторы, трубопроводы, агрегаты. Общая сборка ГТД. Стендовые испытания.	44	28	14	14	16	15	10
Всего за 8 семестр			108	68	34	34	40	40	30
Всего по дисциплине			216	136	68	68	80	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Особенности современных ГТД	Анализ номенклатуры деталей ГТД. Выбор представителей. Расчет приведенной программы выпуска. Функциональное назначение детали. Проработка чертежа детали-представителя.	10

	как объектов производства. Обеспечение показателей качества изделий при изготовлении.	Квалиметрическая оценка детали по ее чертежу. Контроль квалиметрических показателей детали. Материал детали: химический состав; механические характеристики. Заготовка: метод получения; точностные характеристики; термообработка.	
2	Раздел 2. Производство лопаток ГТД. Производство крыльчаток.	Разработка маршрутного технологического процесса на деталь представитель. На каждую операцию: Определение последовательности вспомогательных и технологических переходов; Обоснование выбора технологического оборудования. Разработка операционного технологического процесса. На каждый переход: выбор обрабатывающего, вспомогательного и измерительного инструмента; определение технологических режимов; определение основного и вспомогательного времени. Нормирование технологического процесса. Расчет количества режущего инструмента на программу выпуска. Разработка ведомости инструмента.	8
3	Раздел 3. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей.	Разработка модульной технологической оснастки на каждую операцию изготовления детали-представителя: техническое задание на проектирование или подбор технологической оснастки; описание оснастки и инструкции по применению. Разработка маршрутно-технологического графика загрузки оборудования: Регламенты времени; маршрутно-технологический график загрузки оборудования. Определение количества технологического оборудования РПУ. Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы РПУ. Разработка технологической компоновки РПУ. Индивидуальное практическое задание 3.	12
4	Раздел 4. Технологическое проектирование изготовления деталей ГТД. Роботизированное производство деталей ГТД.	Типовые технологические решения по изготовлению деталей ГТД.	4
Всего за 7 семестр			34
5	Раздел 5. Общие вопросы сборки.	Расчеты точности при сборке. Размерные цепи. Частичная и полная взаимозаменяемость. Выбор оснастки, оборудования и вспомогательных материалов при сборке.	12
6	Раздел 6. Основы технологии сборки.	Сорка неподвижных и подвижных соединений.	8
7	Раздел 7. Узловая и общая сборка ГТД.	Узловая сборка ГТД. Стендовые испытания.	14
Всего за 8 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Особенности современных ГТД как объектов производства. Обеспечение показателей качества изделий при изготовлении.	Выполнение индивидуального практического задания 1	10
2	Раздел 2. Производство лопаток ГТД. Производство крыльчаток.	Выполнение индивидуального практического задания 2	10
3	Раздел 3. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей.	Выполнение индивидуального практического задания 3	14

4	Раздел 4. Технологическое проектирование изготовления деталей ГТД. Роботизированное производство деталей ГТД.	Подготовка к практическим занятиям	6
Всего за 7 семестр			40
5	Раздел 5. Общие вопросы сборки.	Выполнение этапов 1-3 курсового проекта	12
6		Подготовка к лекциям	2
7	Раздел 6. Основы технологии сборки.	Выполнение этапов 4-5 курсового проекта	10
8	Раздел 7. Узловая и общая сборка ГТД.	Выполнение этапов 6-8 курсового проекта	14
9		Подготовка к лекциям	2
Всего за 8 семестр			40

3.4. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Этап 1. Анализ номенклатуры обрабатываемых деталей. Выбор представителя. Расчет приведенной программы выпуска	1 - 2	4
Этап 2. Этап 2. Функциональное назначение детали. Проработка чертежа детали-представителя. Квалиметрическая оценка детали по ее чертежу. Контроль квалиметрических показателей детали. Материал детали: химический состав; механические характеристики.	3 - 4	4
Этап 3. Этап 3. Заготовка: метод получения; точностные характеристики; термообработка; припуски на обработку; состояние поставки с указанием твердости.	5 - 6	4
Этап 4. Этап 4. Разработка маршрутного технологического процесса на представитель. На каждую операцию: Определение последовательности вспомогательных и технологических переходов; Обоснование выбора технологического оборудования.	7 - 8	4
Этап 5. Этап 5. Разработка операционного технологического процесса. На каждый переход: выбор обрабатывающего, вспомогательного и измерительного инструмента; определение технологических режимов; определение основного и вспомогательного времени. Нормирование технологического процесса. Расчет количества режущего инструмента на программу выпуска. Разработка ведомости инструмента.	9 - 10	6
Этап 6. Этап 6. Разработка модульной технологической оснастки на каждую операцию: техническое задание на проектирование или подбор технологической оснастки; описание оснастки и инструкции по применению.	11 - 12	6
Этап 7. Этап 7. Разработка маршрутно-технологического графика загрузки оборудования: Регламенты времени; маршрутно-технологический график загрузки оборудования. Определение количества технологического оборудования РПУ.	13 - 14	4
Этап 8. Этап 8. Определение структуры и состава автоматической транспортно- складской системы РПС. Разработка технологической компоновки РПС.	15 - 16	4
Всего за 8 семестр		36

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																				
	1	2	3	4	5		6	7	8	9		10	11	12	13	14		15	16	17	
7					Вопр.Диф.Зач, ИПЗ		ДР			Вопр.Диф.Зач, ИПЗ		ДР				Вопр.Диф.Зач, ИПЗ			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.	
8					Вопр.Диф.Зач, КП		ДР			Вопр.Диф.Зач, КП		ДР				Вопр.Диф.Зач, КП			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- КП – курсовой проект;
- диф. зач. – дифференцированный зачет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Выполнение курсового проекта по разработке технологического процесса и проектированию роботизированного производственного участка механической обработке деталей. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, эл. рес.
2. А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
3. А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
4. А. А. Маталин. . Технология машиностроения. Санкт-Петербург: Лань, 2020, эл. рес.
5. А. В. Ланщиков, А. А. Селивёрстов. . Технология машиностроения. Автоматическая сборка: Оценка уровня подготовленности узлов и изделий к автоматической сборке. Пенза: Изд-во ПГТА, 2012, эл. рес.
6. А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова. . Теория лопаточных машин. Новосибирск: НГТУ, 2019, эл. рес.
7. А. М. Смирнов, Е. Н. Сосёнушкин. . Организационно-технологическое проектирование участков и цехов. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
8. А. Н. Ковшов. . Технология машиностроения. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
9. А. Ю. Андрюшкин, О. О. Галинская, А. Б. Сигаев. . Сборка в производстве летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 22 экз.
10. А. Ю. Андрюшкин, О. О. Галинская, А. Б. Сигаев. . Сборка в производстве летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
11. Б. А. Немцев. . Автоматизация производственных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
12. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2 Газовые турбины. Теплообменные аппараты. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 60 экз.
13. В. В. Шикурин, В. И. Запорожец. . Испытания изделий. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 39 экз.
14. Е. С. Слащев, В. Г. Осетров, И. И. Воячек. . Сборка в машиностроении и приборостроении. Москва: Юрайт, 2023, эл. рес.
15. П. П. Серебреницкий. . Аддитивные технологии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
16. Р. М. Мубаракшин. . Инновационные технологии и оборудование для производства ответственных деталей газотурбинных двигателей. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
17. Ю. А. Курганова, Г. В. Малышева, В. А. Нелюб . . Технология изготовления деталей из полимерных композиционных материалов и методы определения их свойств. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Проектирование роботизированного производственного участка механической обработки. СПб.: НИЦ АРТ, 2020, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Научно-технические технологии;
2. Проблемы машиностроения и автоматизации.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://ura.it.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Adobe Reader;
2. Microsoft Office;
3. Microsoft Windows;
4. КОМПАС-3D V17.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Плакаты;
3. Adobe Reader;
4. Microsoft Office;
5. Microsoft Windows;
6. КОМПАС-3D V17.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГТД И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете *Е* Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е2* **ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5.2 способность разрабатывать технологические процессы изготовления ДСЕ;

ПСК-5.4/24 способность разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработкой технологических процессов изготовления, сборки и испытаний деталей, сборочных единиц, узлов газотурбинных двигателей и энергетических установок.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**68 ч.**), самостоятельная работа студента (**80 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 136 ч. аудиторных занятий, и 80 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Особенности современных ГТД как объектов производства. Обеспечение показателей качества изделий при изготовлении.		
Выполнение индивидуального практического задания 1	А. А. Маталин. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (стр.: 5-48, 26-125) А. Н. Ковшов. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (стр.: 25-34, 55-78) А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (стр. 9-48)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Производство лопаток ГТД. Производство крыльчаток.		
Выполнение индивидуального практического задания 2	Р. М. Мубаракшин. . Инновационные технологии и оборудование для производства ответственных деталей газотурбинных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (стр.: 8-34, 101-126) А. А. Маталин. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (стр. 380-436) А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова. . Теория лопаточных машин: Новосибирск: НГТУ, 2019 (стр. 6-119) А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (стр.: 38-43, 273-276)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей.		
Выполнение индивидуального практического задания 3	Ю. А. Курганова, Г. В. Малышева, В. А. Нелюб . . Технология изготовления деталей из полимерных композиционных материалов и методы определения их свойств: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (стр. 7-42) А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (стр.: 32-37, 45-48, 228-240, 254-263) П. П. Серебреницкий. . Аддитивные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (стр. 6-98) А. Н. Ковшов. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (стр. 169-186)	14
Итого по разделу 3		14

Раздел 4. Технологическое проектирование изготовления деталей ГТД. Роботизированное производство деталей ГТД.		
Подготовка к практическим занятиям	<p>Б. А. Немцев. . Автоматизация производственных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (стр. 54-117)</p> <p>А. М. Смирнов, Е. Н. Сосёнушкин. . Организационно-технологическое проектирование участков и цехов: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (стр.: 30-40, 48-52)</p> <p>. Проектирование роботизированного производственного участка механической обработки: СПб.: НИЦ АРТ, 2020 (стр. 6-60)</p> <p>. Выполнение курсового проекта по разработке технологического процесса и проектированию роботизированного производственного участка механической обработке деталей: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (стр. 74-87)</p>	6
Итого по разделу 4		6
Раздел 5. Общие вопросы сборки.		
Выполнение этапов 1-3 курсового проекта	<p>А. Н. Ковшов. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (стр. 186-187)</p> <p>А. В. Ланщиков, А. А. Селивёрстов. . Технология машиностроения. Автоматическая сборка: Оценка уровня подготовленности узлов и изделий к автоматической сборке: Пенза: Изд-во ПГТА, 2012 (стр. 3-11)</p>	12
Подготовка к лекциям	Е. С. Слащев, В. Г. Осетров, И. И. Воячек. . Сборка в машиностроении и приборостроении: Москва: Юрайт, 2023 (стр. 12-146)	2
Итого по разделу 5		14
Раздел 6. Основы технологии сборки.		
Выполнение этапов 4-5 курсового проекта	<p>А. Н. Ковшов. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (стр. 187-199)</p> <p>А. Ю. Андрюшкин, О. О. Галинская, А. Б. Сигаев. . Сборка в производстве летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (стр. 3-14)</p>	10
Итого по разделу 6		10
Раздел 7. Узловая и общая сборка ГТД.		
Выполнение этапов 6-8 курсового проекта	<p>А. А. Маталин. . Технология машиностроения: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (стр. 437-490)</p> <p>В. В. Шикурин, В. И. Запорожец. . Испытания изделий: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (стр. 3-36)</p> <p>А. Ю. Андрюшкин, О. О. Галинская, А. Б. Сигаев. . Сборка в производстве летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (стр. 12-68)</p> <p>А. В. Ланщиков, А. А. Селивёрстов. . Технология машиностроения. Автоматическая сборка: Оценка уровня подготовленности узлов и изделий к автоматической сборке: Пенза: Изд-во ПГТА, 2012 (стр. 24-78)</p>	14
Подготовка к лекциям	В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2 Газовые турбины. Теплообменные аппараты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (стр. 3-58)	2
Итого по разделу 7		16

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- курсовой проект;
- дифференцированный зачет;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Индивидуальное практическое задание

График сдачи Индивидуальных практических заданий (ИПЗ):

8 семестр:

- ИПЗ 1 – 7 неделя – текущая аттестация
- ИПЗ 2 – 11 неделя – рубежная аттестация;
- ИПЗ 3 – 17 неделя – текущая аттестация.

Критерии и шкалы оценивания результатов по индивидуальному практическому заданию:

1. Шкала оценивания: «отлично».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил индивидуальное практическое задание в полном объеме. Работа характеризуется полнотой проработки всех разделов содержательной части. Пояснительная записка индивидуального практического задания оформлена с соблюдением установленных правил. Обучающийся свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании к индивидуальному практическому заданию. На все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

2. Шкала оценивания: «хорошо».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил индивидуальное практическое задание в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Пояснительная записка индивидуального практического задания оформлена с соблюдением установленных правил. Обучающийся владеет теоретическим материалов, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя. На большинство вопросов дает правильные ответы. Защищает свою точку зрения достаточно обоснованно.

3. Шкала оценивания: «удовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил индивидуальное практическое задание в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов. Обучающийся усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически. На вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки. Неуверенно защищает свою точку зрения.

4. Шкала оценивания: «неудовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся не может защитить свои решения, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы или не отвечает на них.

Шкалы оценивания «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» соответствуют отметке «зачтено».

Шкала оценивания «не удовлетворительно» соответствует отметке «не зачтено».

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету составляются на основе рабочей программы дисциплины и охватывают ее разделы и темы. Они должны целостно отражать объем проверяемых теоретических и практических знаний. Вопросы носят равноценный характер. Формулировки вопросов должны быть четкими, краткими, понятными, исключающими двойное толкование. Количество вопросов в перечне должно превышать количество вопросов, необходимых для составления зачетных

листов. На основе разработанного и объявленного студентам перечня вопросов к дифференцированному зачету составляются опросные листы, содержание которых до студентов не доводится.

Курсовой проект

Критерии и шкалы оценивания результатов по курсовому проекту:

1. Шкала оценивания: «отлично».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил курсовой проект в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Проект оформлен с соблюдением установленных правил. Обучающийся свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании. На все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

2. Шкала оценивания: «хорошо».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил курсовой проект в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части. Проект оформлен с соблюдением установленных правил. Обучающийся владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя. На большинство вопросов дает правильные ответы. Защищает свою точку зрения достаточно обоснованно.

3. Шкала оценивания: «удовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил курсовой проект в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов. Обучающийся усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически. На вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки. Неуверенно защищает свою точку зрения.

4. Шкала оценивания: «неудовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся не может защитить свои решения, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы или не отвечает на них.

Дифференцированный зачет

Критерии и шкалы оценивания дифференцированного зачета:

1. Шкала оценивания: «зачтено-отлично».

Критерии оценивания: Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы

Уровень освоения компетенций: Высокий

2. Шкала оценивания: «зачтено-хорошо».

Критерии оценивания: Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов

Уровень освоения компетенций: Повышенный

3. Шкала оценивания: «зачтено-удовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы

Уровень освоения компетенций: Пороговый

4. Шкала оценивания: «не зачтено».

Критерии оценивания: Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов

Уровень освоения компетенций: Компетенции не сформированы.

Дифференцированный зачет

Критерии и шкалы оценивания дифференцированного зачета:

1. Шкала оценивания: «зачтено-отлично».

Критерии оценивания: Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы

Уровень освоения компетенций: Высокий

2. Шкала оценивания: «зачтено-хорошо».

Критерии оценивания: Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов

Уровень освоения компетенций: Повышенный

3. Шкала оценивания: «зачтено-удовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы

Уровень освоения компетенций: Пороговый

4. Шкала оценивания: «не зачтено».

Критерии оценивания: Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов

Уровень освоения компетенций: Компетенции не сформированы.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-5.2	ПСК-5.4/24	
4	7	Раздел 1. Особенности современных ГТД как объектов производства. Обеспечение показателей качества изделий при изготовлении.	30	20	10	10	10	30	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 2. Производство лопаток ГТД. Производство крыльчаток.	26	16	8	8	10	15	0	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 3. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей.	38	24	12	12	14	10	45	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 4. Технологическое проектирование изготовления деталей ГТД. Роботизированное производство деталей ГТД.	14	8	4	4	6	5	10	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	60	70	
4	8	Раздел 5. Общие вопросы сборки.	38	24	12	12	14	15	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Курсовой проект
4	8	Раздел 6. Основы технологии сборки.	26	16	8	8	10	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Курсовой проект
4	8	Раздел 7. Узловая и общая сборка ГТД.	44	28	14	14	16	15	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Курсовой проект
Всего за 8 семестр			108	68	34	34	40	40	30	
Всего по дисциплине			216	136	68	68	80	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-5.2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Объясните различие между вспомогательным переходом и установом. Чем они отличаются от технологического перехода
- № 2 Как называется изделие, выполненное из однородного материала без применения сборочных операций
- № 3 Приведите основные виды заготовок компрессорных лопаток и схемы их базирования при механической обработке
- № 4 Перечислите параметры режимов резания. Какой из них ограничивает производительность при чистовой обработке
- № 5 Для предотвращения ослабления резьбовых соединений применяют ...
- № 6 Охарактеризуйте эпюру технологических начальных напряжений в поверхностном слое ответственных деталей ГТД.
- № 7 По какой формуле определяется скорость резания при обработке точением
- № 8 Как называется процесс сборки, при котором изделие собирается на заводе, испытывается, частично разбирается и окончательно собирается у заказчика?
- № 9 Почему соединение болтами не относится к сборке неразъемных соединений
- № 10 По какой формуле вычисляется такт выпуска
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Какой материал используется в лопатках, работающих в зоне турбины ГТД:
1. ХН45МВТЮБР
 2. ХН62ВМКЮ
 3. Х15Н5Д2Т
- № 2 Как называется часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте над изготавливаемым изделием?
1. работа
 2. операция
 3. установка
 4. приём
- № 3 Допишите ответ.
- Технологический процесс, характеризующийся единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками – это ...
1. типовой технологический процесс
 2. типовой производственный процесс
 3. типовой маршрутный процесс
 4. типовой заводской процесс
- № 4 Для центрирования применяют...
1. цилиндрические свёрла
 2. спиральные свёрла
 3. центровые свёрла
 4. конические зенковки
- № 5 Полуцистовое точение позволяет улучшить шероховатость обрабатываемой поверхности до...

	1. Ra = 40 мкм
	2. Ra = 1,6 мкм
	3. Ra = 6,3 мкм
	4. Ra = 0,4 мкм
№ 6	Что такое деталь?
	1. Изделие, изготавливаемое из однородного или разнородных по наименованию и марке материалов, соединенных неразъемными соединениями (сварка, пайка, склеивание).
	2. Изделие, изготавливаемое из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, с применением местной сварки, пайки, склепки, сшивки, с нанесенным на него декоративным или защитным покрытием (литой картер, трубка, сваренная из одного листа, пластина из биметаллического листа, отрезок кабеля определенной длины, хромированная пластина).
	3. Изделие, изготавливаемое строго из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.
№ 7	Как называется совокупность рабочих мест, которая образует организационно-техническую единицу производства?
	1. цех
	2. участок
	3. рабочее место
	4. отделение
№ 8	Как называется совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами, образующих микроскопический рельеф поверхности детали?
	1. неровность;
	2. шероховатость;
	3. чистота поверхности;
	4. волнистость
№ 9	Вид обработки, осуществляемый с помощью абразивного инструмента.
	1. Точение
	2. Фрезерование
	3. Строгание
	4. Шлифование
№ 10	Порядок обработки корпусных деталей ...
	1. Обработка основных отверстий, базисуемых поверхностей и крепёжных отверстий
	2. Обработка базисуемых поверхностей и крепёжных отверстий, все плоские поверхности, основные отверстия
	3. Обработка всех плоских поверхностей, базисуемых поверхностей и крепёжных отверстий, основные отверстия
	4. Обработка базисуемых поверхностей, все плоские поверхности, основные отверстия, крепёжных отверстий

- № 1 В чем состоит основное отличие аддитивных технологий от традиционных технологий
- № 2 В каких случаях детали, полученные методом аддитивных технологий, не требуют финишной обработки
- № 3 Что такое аддитивное производство?
- № 4 В каких случаях детали, полученные методом аддитивных технологий, требуют финишной обработки
- № 5 Среди всех представленных на рынке материалов для 3D-печати, этот можно назвать одним из самых необычных, ведь изделия из него получаются гибкими и эластичными – совсем как из резины. Данное свойство материала позволяет изготавливать из него уплотнители самых необычных форм и размеров, которых было бы сложно добиться даже на высокоточном лазерном станке:
- № 6 Укажите отличие FDM-технология от FFF-технологии:
- № 7 Укажите отличия аддитивных технологий от субтрактивных? Дайте характеристику каждой технологии:
- № 8 В каких случаях детали, полученные методом аддитивных технологий, не требуют финишной обработки
- № 9 Что такое картезианская кинематика 3D принтеров
- № 10 Укажите отличия полярных 3D-принтеров от дельта-принтеров
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Что такое аддитивные технологии?
1. Это обобщённое название технологий, отвечающих за хранение, передачу, обработку, защиту и воспроизведение информации с использованием компьютеров.
 2. Это метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала: пластика, металла, бетона и, возможно, в будущем — человеческой ткани
 3. Это направление науки, специализирующееся на разработке и применении объектов, размер которых составляет от единиц до нескольких сотен нанометров
 4. Это последовательность действий, направленных на поэтапное, выверенное возведение строящихся объектов с учетом всех запланированных мероприятий в проекте
- № 2 Из предложенных вариантов выберите преимущества аддитивных технологий и их отличие от традиционного производства
1. Безотходное производство
 2. Отсутствие швов и сварных соединений
 3. Низкая себестоимость
 4. Быстрота изготовления
 5. Простота изготовления
- № 3 Как называется способ производства, при котором деталь получается путем добавления материала?
- А. Аддитивное производство
 - Б. Субтрактивное производство
 - В. Формативное производство
- № 4 Какая производственная технология позволяет изготавливать сверхсложные изделия?
- А. Аддитивные технологии
 - Б. Литье

- В. Фрезерование с ЧПУ
- Г. Штамповка
- № 5 Из предложенных вариантов выберите методы 3D-печати:
1. Алгоритмизация
 2. Фотополимеризация
 3. Формализация
 4. Ламинирование
 5. Экструдирование
 6. Вит-моделирование
 7. Гранулирование
 8. CAD- и САМ-моделирование
- № 6 Какой материал из перечисленных еще не доступен для 3D-печати?
1. Титан
 2. АБС-пластик
 3. Шоколад
 4. Древесина
- № 7 Как расшифровывается аббревиатура SLS?
1. Выборочное/селективное лазерное плавление
 2. Выборочное/селективное лазерное спекание
 3. Выборочное тепловое спекание
 4. Такого метода не существует
- № 8 Что из перечисленного влияет на шероховатость поверхности при FDM печати?
- А. Ориентация детали (направление печати)
 - Б. Толщина печатаемого слоя
 - В. Наличие поддержек
 - Г. Все перечисленное
- № 9 Как влияет уменьшение толщины слоя на время FDM печати?
- А. Время печати увеличивается
 - Б. Время печати уменьшается
 - В. Время печати не изменяется
- № 10 К преимуществам аддитивных технологий можно отнести:
- a. Возможность кастомизации и персонализации изделий
 - б. Снижение веса изделия
 - с. Снижение числа деталей в сборке
 - d. Дешевое серийное производство