

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры

И.В. Ярмоленко
« 25 » 2021

УТВЕРЖДАЮ
Директор инженерно-строительного
института

В.А. Уваров
« 25 » 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Аддитивно-модульные технологии

направление подготовки:

08.04.01. Строительство

Направленность программы (профиль):

Организация информационного моделирования в строительстве

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт: Инженерно-строительный институт

Кафедра: Экспертизы и управления недвижимостью

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 г. № 482.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: ст.преп.  (А.В. Долженко)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«14» 05 2021 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент  (Наумов А.Е.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
экспертизы и управления недвижимостью

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент  (Наумов А.Е.)

«14» 05 2021 г., протокол № 6

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 25 » 05 2021 г., протокол № 10

Председатель: к.т.н., доцент  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные (экспертно-аналитический)	ПК-3. Способность управлять деятельностью по внедрению, поддержке и развитию технологий информационного моделирования объекта капитального строительства на уровне организации	ПК-3.1. Организует внедрение и развитие технологий информационного моделирования ОКС в организации	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> — основы экономики, учета затрат и оценки эффективности; — назначение и функции системы управления инженерными данными; — методы организации и принципы работы среды общих данных информационных моделей; — технологии информационного моделирования ОКС на различных этапах их жизненного цикла; — форматы обмена данными между различными программными средствами, в том числе открытые; — методы принятия управленческих решений. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> — использовать формализованные описания задач и процессов организации, связанных с информационным моделированием ОКС на этапах его жизненного цикла; — использовать программные средства для управления проектами и процессами организации; — составлять поэтапный план внедрения и развития новых технологий информационного моделирования ОКС в организации. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> — инструментами целеполагания при использовании технологий информационного моделирования ОКС в организации; — инструментами анализа лучших практик информационного моделирования и использования информационной модели на различных этапах жизненного цикла ОКС; — навыками разработки предложений по повышению эффективности деятельности организации на основе использования технологий информационного моделирования ОКС; — методами выбора проектов для использования технологий информационного моделирования ОКС; — навыками планирование использования программного обеспечения организации.

		<p>ПК-3.2. Стандартизирует деятельность организации с применением технологий информационного моделирования ОКС</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> — отраслевые стандарты информационного моделирования ОКС на различных этапах его жизненного цикла; — основные понятия, термины и определения в сфере информационного моделирования ОКС; — состав и структура стандарта применения технологий информационного моделирования ОКС в организации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> — определять типовые процессы для использования технологий информационного моделирования ОКС в организации; — разрабатывать форму, структуру и содержание стандартов и регламентов использования технологий информационного моделирования ОКС в организации в соответствии с государственными стандартами. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> — инструментами поиска и анализа стандартов международного, национального и отраслевого уровня в сфере информационного моделирования ОКС; — навыками разработки и актуализации стандартов и регламентов применения технологий информационного моделирования в организации.
--	--	--	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-3 Способность управлять деятельностью по внедрению, поддержке и развитию технологий информационного моделирования объекта капитального строительства на уровне организации.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Информационное моделирование зданий
2	Оптимизационные задачи в строительстве
3	Аддитивно-модульные технологии
4	Бизнес-аналитика
5	Аппаратно-программные технологии информационного моделирования
6	Технический аудит недвижимости
7	Производственная научно-исследовательская работа
8	Производственная исполнительская практика
9	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 ч.

Форма промежуточной аттестации: экзамен (3 семестр).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	252
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	90	90
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	162	162
Курсовой проект	-	
Курсовая работа	-	
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	99	99
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Курс 2, семестр 3					
1. Основы аддитивных технологий					
	<ul style="list-style-type: none"> • Общие термины, преимущества и проблемы аддитивных технологий • Классификация методов, систем и установок аддитивных технологий • Физические основы аддитивных технологий 	2	2		10
2. Общие принципы аддитивного производства					
	<ul style="list-style-type: none"> • Введение. • Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. История создания и развития средств автоматизации подготовки и оценки проектной, рабочей и эксплуатационной документации. Алгоритмы применения вычислительной техники в проектной деятельности инженера. Основные функции и ограничения систем автоматизированной подготовки документации. • Общая концепция аддитивного производства Аддитивное производство как развитие концепции быстрого прототипирования. Определение и базовый технологический процесс аддитивного производства. Основные этапы производства деталей приращением. Особенности использования деталей, произведенных аддитивно. Сравнение аддитивного производства и обработки резанием с ЧПУ. Классификация процессов аддитивного производства. Направления развития технологий аддитивного производства. • Реализация и анализ проектных решений методом аддитивного производства • Алгоритм выбора процесса аддитивного 	2	4		10

	<p>производства для определенной задачи. Оценка стоимости прямого цифрового производства.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Особенности конструирования деталей для производства путем добавления материала. Создание, редактирование и позиционирование в рабочей зоне файлов STL. 				
3. Основные разновидности технологий аддитивного производства					
	<ul style="list-style-type: none"> • Технология многоструйного моделирования (MJM) • Цветная струйная печать (CJP) • Цифровая светодиодная проекция (DLP) • Струйная трехмерная печать (3DP) • Выборочное лазерное спекание (SLS) • Масочная стереолитография (SGC) 	4	4		10
4. Создание и корректировка компьютерной (цифровой) модели					
	<ul style="list-style-type: none"> • Введение в оцифровку реальных Объектов. • Изучение основных методов создания и корректировки компьютерных моделей • Средства создания и корректировки компьютерных моделей • Особенности конструирования деталей для аддитивного производства. Параметрическое и прямое моделирование. Точность экспорта геометрических данных в формат stl. 	2	8		10
5. Технологии быстрого прототипирования					
	<ul style="list-style-type: none"> • Фотополимеризация. История и развитие фотополимеров. Конфигурации процессов фотополимеризации: векторное сканирование, проецирование трафарета, двухфотонные подходы. Описание применяемых материалов и процессов. • Экструзия. Осаждение. Описание составных частей процесса: загрузка материала, сжижение, экструзия, затвердевание, контроль позиции. Описание различных систем и установок, использующих методы экструзии для аддитивного производства. • Ламинирование. Спекание порошковой подложки. Описание процесса ламинирования листовых материалов. Описание процесса избирательного лазерного спекания. Классификация процессов спекания. особенности работы с порошком для спекания. • Процессы печати. Развитие печати как процесса аддитивного производства. Описание процесса, его преимущества и недостатки. Вид капель. Технология трехмерной печати. 	16	25		19

	<ul style="list-style-type: none"> Рекомендации по выбору аддитивной технологии. Методы отбора. Подходы к определению целесообразности. Управление и планирование производством. 				
6. Теоретические основы производства изделий методом послойного синтеза					
	<ul style="list-style-type: none"> Основы прототипирования Технология 3D печати методом послойного наплавления Технология 3D печати методом стереолитографии Технология 3D печати методом многоструйного моделирования Прототипирование в индустрии 	2	2		10
7. Технологические процессы аддитивного производства					
	<ul style="list-style-type: none"> Классификация порошков Технологические параметры процессов аддитивного производства Физические основы и технологические процессы трехмерной печати 	2	2		10
8. Методы лазерного аддитивного производства					
	<ul style="list-style-type: none"> Физические основы селективного лазерного спекания (СЛС) Аддитивное производство методами селективного лазерного плавления Аддитивное производство методами лазерной наплавки Методы исследования и оптимизации аддитивных процессов 	2	2		10
9. Практическое применение аддитивного производства					
	<ul style="list-style-type: none"> Практическое применение аддитивного производства Применение аддитивного производства для создания презентационных и функциональных моделей проектируемых изделий. Изготовление методом аддитивного производства инструментов (литейных форм). Реверс-инжиниринг. Прямое цифровое производство. 	2	2		10
10. Эксплуатация установок для аддитивного производства					
	ВСЕГО:	34	51		99
	ИТОГО:	34	51		99

4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1	Основы аддитивных технологий	Сравнительный анализ технологических процессов	2	10
2	Общие принципы аддитивного	изготовления детали с	4	10

	производства	использованием классических технологий, механической обработки на станке с ЧПУ и аддитивного производства		
3	Основные разновидности технологий аддитивного производства		4	10
4	Создание и корректировка компьютерной (цифровой) модели	Создание STL-файлов на основе CAD моделей и управление точностью представления геометрии	8	10
5	Технологии быстрого прототипирования	Выбор способа аддитивного производства для изготовления определенной детали или узла на основе требуемых характеристик получаемого изделия	25	19
6	Теоретические основы производства изделий методом послойного синтеза	Проведение анализа конструкции изделий на предмет возможности изготовления с использованием аддитивных технологий	4	10
7	Технологические процессы аддитивного производства	Расчет усадки изделия изготовленного методом наплавления проволоки	3	10
8	Методы лазерного аддитивного производства	Энергетический расчет технологии изготовления детали спеканием титанового порошка с использованием лазера	4	10
9	Практическое применение аддитивного производства	Разработка технологии изготовления детали на основе процесса быстрого прототипирования	4	10
	ВСЕГО:		51	99
	ИТОГО:		51	99

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

4.4. Содержание курсовой работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

4.5 Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

По дисциплине учебным процессом предусмотрено выполнение РГЗ и ИДЗ в течение 3 семестра. Работы выполняются студентами в соответствии с заданием, выданным руководителем. Пояснительная записка должна быть оформлена машинописным текстом на листах формата А4, иметь титульный лист, исходные данные для разработки РГЗ и ИДЗ, необходимые рисунки и скриншоты, выводы, список использованных источников, приложения.

В процессе выполнения РГЗ и ИДЗ осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета. Защита работы происходит в форме собеседования преподавателя и студента по представленному в ней материалу. Обучающемуся могут быть заданы вопросы по материалам изучаемой дисциплины. Вариант подготовленного РГЗ и ИДЗ пересылается на почтовый ящик, указанный преподавателем.

Семестр 3.

Цель проекта: Создание цифровой модели конструкции в соответствии с заданием руководителя, генерация управляющего кода для печати детали, печать детали на 3Д принтере.

Оформление РГЗ и ИДЗ. РГЗ и ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки в форме информационных моделей, управляющего кода, изготовленной детали. РГЗ и ИДЗ должны иметь следующую структуру: титульный лист; задание на курсовой проект, графические материалы, демонстрирующие готовые модели, приложение со ссылкой на готовые цифровые материалы. Срок сдачи РГЗ и ИДЗ определяется преподавателем.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-3 Способность управлять деятельностью по внедрению, поддержке и развитию технологий информационного моделирования объекта капитального строительства на уровне организации.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.1. Организует внедрение и развитие технологий информационного моделирования ОКС в организации	Экзамен, защита РГЗ и ИДЗ, тестовый контроль
ПК-3.2. Стандартизирует деятельность организации с применением технологий информационного моделирования ОКС	Экзамен, защита РГЗ и ИДЗ, тестовый контроль

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена и зачета

Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
Семестр № 3		
1	Основы аддитивных технологий	<ol style="list-style-type: none">1. Достоинства и недостатки аддитивных технологий.2. Экономические и экологические аспекты использования аддитивных технологий.3. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.4. Основные понятия и определения.5. Классификация аддитивных технологий.6. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM).7. Принцип действия и конструкции FDM принтеров.8. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства.9. FDM печать композиционных материалов.10. Применения FDM печати.11. Стереолитография.12. Особенности DLP технологии.13. Особенности LCD технологии.14. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства.15. Применения стереолитографии.16. MJM технологии.17. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение.

		<p>18. SLS технология.</p> <p>19. Применяемые в SLS материалы и их свойства.</p> <p>20. Применения SLS печати.</p>
2	Общие принципы аддитивного производства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достоинства и недостатки аддитивных технологий. 2. Экономические и экологические аспекты использования аддитивных технологий. 3. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. 4. Основные понятия и определения. 5. Классификация аддитивных технологий. 6. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM). 7. Принцип действия и конструкции FDM принтеров. 8. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства. 9. FDM печать композиционных материалов. 10. Применения FDM печати. 11. Стереолитография. 12. Особенности DLP технологии. 13. Особенности LCD технологии. 14. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства. 15. Применения стереолитографии. 16. MJM технологии. 17. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение. 18. SLS технология. 19. Применяемые в SLS материалы и их свойства. 20. Применения SLS печати.
3	Основные разновидности технологий аддитивного производства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достоинства и недостатки аддитивных технологий. 2. Экономические и экологические аспекты использования аддитивных технологий. 3. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. 4. Основные понятия и определения. 5. Классификация аддитивных технологий. 6. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM). 7. Принцип действия и конструкции FDM принтеров. 8. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства. 9. FDM печать композиционных материалов. 10. Применения FDM печати. 11. Стереолитография. 12. Особенности DLP технологии. 13. Особенности LCD технологии. 14. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства. 15. Применения стереолитографии. 16. MJM технологии. 17. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение. 18. SLS технология. 19. Применяемые в SLS материалы и их свойства.

		20. Применения SLS печати.
4	Создание и коррективировка компьютерной (цифровой) модели	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контрольно-измерительные машины. 2. 3D сканирование. 3. Компьютерная томография. 4. Конвертация моделей в STL формат. 5. Программы-слайсеры. 6. Построение поддержек, выполняемые ими функции. 7. Бионический дизайн и топологическая оптимизация. 8. Перспективы развития материалов и технологий аддитивного производства в гражданской и военной отраслях. 9. Концепция «цифровых двойников». 10. Информационные ресурсы и банки данных по аддитивным технологиям. 11. Особенности проектирования изделия под аддитивное производство.
5	Технологии быстрого прототипирования	<ol style="list-style-type: none"> 12. Контрольно-измерительные машины. 13. 3D сканирование. 14. Компьютерная томография. 15. Конвертация моделей в STL формат. 16. Программы-слайсеры. 17. Построение поддержек, выполняемые ими функции. 18. Бионический дизайн и топологическая оптимизация. 19. Перспективы развития материалов и технологий аддитивного производства в гражданской и военной отраслях. 20. Концепция «цифровых двойников». 21. Информационные ресурсы и банки данных по аддитивным технологиям. 22. Особенности проектирования изделия под аддитивное производство.
6	Теоретические основы производства изделий методом послойного синтеза	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM). 2. Принцип действия и конструкции FDM принтеров. 3. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства. 4. FDM печать композиционных материалов. 5. Применения FDM печати. 6. Стереолитография. 7. Особенности DLP технологии. 8. Особенности LCD технологии. 9. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства. 10. Применения стереолитографии. 11. MJM технологии. 12. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение. 13. SLS технология. 14. Применяемые в SLS материалы и их свойства. 15. Применения SLS печати. 16. Методы изготовления металлических изделий 3D печатью. 17. Селективное лазерное сплавление. 18. Процессы, протекающие при сплавлении металлов.

		<p>19. Лазерная наплавка.</p> <p>20. Электронно-лучевая плавка.</p> <p>21. Критерии выбора технологии при изготовлении изделий на основе металлов.</p> <p>22. Применяемые в 3D печати металлами сплавы и их свойства.</p> <p>23. Применения 3D печати металлами.</p> <p>24. Требования к порошкам для 3D печати металлами.</p>
7	Технологические процессы аддитивного производства	<p>1. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM).</p> <p>2. Принцип действия и конструкции FDM принтеров.</p> <p>3. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства.</p> <p>4. FDM печать композиционных материалов.</p> <p>5. Применения FDM печати.</p> <p>6. Стереолитография.</p> <p>7. Особенности DLP технологии.</p> <p>8. Особенности LCD технологии.</p> <p>9. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства.</p> <p>10. Применения стереолитографии.</p> <p>11. MJM технологии.</p> <p>12. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение.</p> <p>13. SLS технология.</p> <p>14. Применяемые в SLS материалы и их свойства.</p> <p>15. Применения SLS печати.</p> <p>16. Методы изготовления металлических изделий 3D печатью.</p> <p>17. Селективное лазерное сплавление.</p> <p>18. Процессы, протекающие при сплавлении металлов.</p> <p>19. Лазерная наплавка.</p> <p>20. Электронно-лучевая плавка.</p> <p>21. Критерии выбора технологии при изготовлении изделий на основе металлов.</p> <p>22. Применяемые в 3D печати металлами сплавы и их свойства.</p> <p>23. Применения 3D печати металлами.</p> <p>24. Требования к порошкам для 3D печати металлами.</p>
8	Методы лазерного аддитивного производства	<p>1. Методы изготовления металлических изделий 3D печатью.</p> <p>2. Селективное лазерное сплавление.</p> <p>3. Процессы, протекающие при сплавлении металлов.</p> <p>4. Лазерная наплавка.</p> <p>5. Электронно-лучевая плавка.</p> <p>6. Критерии выбора технологии при изготовлении изделий на основе металлов.</p> <p>7. Применяемые в 3D печати металлами сплавы и их свойства.</p> <p>8. Применения 3D печати металлами.</p> <p>9. Требования к порошкам для 3D печати металлами.</p> <p>10. Газовая атомизация.</p> <p>11. Центробежная атомизация.</p> <p>12. Плазменная сфероидизация.</p>

		13. Контроль качества металлических порошков для 3D печати.
9	Практическое применение аддитивного производства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM). 2. Принцип действия и конструкции FDM принтеров. 3. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства. 4. FDM печать композиционных материалов. 5. Применения FDM печати. 6. Стереолитография. 7. Особенности DLP технологии. 8. Особенности LCD технологии. 9. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства. 10. Применения стереолитографии. 11. MJM технологии. 12. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение. 13. SLS технология. 14. Применяемые в SLS материалы и их свойства. 15. Применения SLS печати. 16. Методы изготовления металлических изделий 3D печатью. 17. Селективное лазерное сплавление. 18. Процессы, протекающие при сплавлении металлов. 19. Лазерная наплавка. 20. Электронно-лучевая плавка. 21. Критерии выбора технологии при изготовлении изделий на основе металлов. 22. Применяемые в 3D печати металлами сплавы и их свойства. 23. Применения 3D печати металлами. 24. Требования к порошкам для 3D печати металлами. 25. Газовая атомизация. 26. Центробежная атомизация. 27. Плазменная сфероидизация. 28. Контроль качества металлических порошков для 3D печати. 29. Binder jetting печать. 30. Применяемые в технологии Binderjetting материалы и их свойства. 31. Применения технологии Binder jetting. 32. 3d печать литейных форм. 33. 3d печать мастер моделей. 34. 3d печать выжигаемых моделей. 35. Показатели качества напечатанных деталей. 36. Точность, воспроизводимость и скорость производства при использовании аддитивных технологий. 37. Неизотропность свойств.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

1. Достоинства и недостатки аддитивных технологий.

2. Экономические и экологические аспекты использования аддитивных технологий.
3. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.
4. Основные понятия и определения.
5. Классификация аддитивных технологий.
6. Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM).
7. Принцип действия и конструкции FDM принтеров.
8. Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства.
9. FDM печать композиционных материалов.
10. Применения FDM печати.
11. Стереолитография.
12. Особенности DLP технологии.
13. Особенности LCD технологии.
14. Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства.
15. Применения стереолитографии.
16. MJM технологии.
17. Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение.
18. SLS технология.
19. Применяемые в SLS материалы и их свойства.
20. Применения SLS печати.
21. Методы изготовления металлических изделий 3D печатью.
22. Селективное лазерное сплавление.
23. Процессы, протекающие при сплавлении металлов.
24. Лазерная наплавка.
25. Электронно-лучевая плавка.
26. Критерии выбора технологии при изготовлении изделий на основе металлов.
27. Применяемые в 3D печати металлами сплавы и их свойства.
28. Применения 3D печати металлами.
29. Требования к порошкам для 3D печати металлами.
30. Газовая атомизация.
31. Центробежная атомизация.
32. Плазменная сфероидизация.
33. Контроль качества металлических порошков для 3D печати.
34. Binder jetting печать.
35. Применяемые в технологии Binderjetting материалы и их свойства.
36. Применения технологии Binder jetting.
37. 3d печать литейных форм.
38. 3d печать мастер моделей.
39. 3d печать выжигаемых моделей.
40. Показатели качества напечатанных деталей.
41. Точность, воспроизводимость и скорость производства при использовании аддитивных технологий.
42. Неизотропность свойств.
43. Контрольно-измерительные машины.
44. 3D сканирование.

- 45.Компьютерная томография.
- 46.Конвертация моделей в STL формат.
- 47.Программы-слайсеры.
- 48.Построение поддержек, выполняемые ими функции.
- 49.Бионический дизайн и топологическая оптимизация.
- 50.Перспективы развития материалов и технологий аддитивного производства в гражданской и военной отраслях.
- 51.Концепция «цифровых двойников».
- 52.Информационные ресурсы и банки данных по аддитивным технологиям.
- 53.Особенности проектирования изделия под аддитивное производство.
- 54.Наноматериалы и нанотехнологии в аддитивном производстве.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестров в форме тестового контроля.

1. Компетенция ПК-3 Способность управлять деятельностью по внедрению, поддержке и развитию технологий информационного моделирования объекта капитального строительства на уровне организации.

К преимуществам аддитивных технологий можно отнести:

- 1. Возможность кастомизации и персонализации изделий**
- 2. Снижение веса изделия**
- 3. Снижение числа деталей в сборке**
4. Дешевое серийное производство

Какое нижнее значение коэффициента использования материала (КИМ) для аддитивных технологий?

- 1. 50%**
2. 75%
3. 25%

Сколько деталей на данный момент уже произвела и установила компания Airbus на свои самолеты?

1. 15000
- 2. 22000**
3. 30000

В каком формате должна быть сохранена модель для печати?

1. PARASOLID
- 2. STL**
3. STEP

Для пластика ABS характерно следующее свойство:

1. Хрупкий, «похож на стекло», трудно склеить
- 2. Пластичный, легко склеить**

3. Среднее между PLA и PET-G

Какой минимальный угол возможен для построения моделей без применения поддержек

1. 55 градусов
2. 50 градусов
- 3. 45 градусов**

Как скорость печати влияет на качество печати?

1. Не зависит, качество всегда одинаково
- 2. Чем медленнее, тем качественнее**
3. Чем быстрее, тем качественнее

Какие материалы хорошо подходят для печати визуальных макетов?

- 1. PLA**
2. ABS
- 3. PET-G**

Какую толщину стенки можно напечатать при диаметре экструдера 0.4 мм?

- 1. 0,8 мм**
2. 0,6 мм
3. 0,2 мм
- 4. 0,4 мм**

Технологию LOM лучше всего использовать для изготовления...

- 1. Дизайн-макетов**
2. Функциональных прототипов
- 3. Масок**

Какое максимальное количество материалов может быть использовано при использовании Polyjet технологии?

1. 8
2. 4
- 3. 16**

Какой из видов DLP-технологии экономичнее с точки зрения необходимого количества расходного материала?

- 1. Засветка снизу**
2. Засветка сверху

Прямая подача металла характерна для следующей технологии 3D-печати:

1. SLM
- 2. DMD**
3. SLS

С какой технологии в 1982 году началось развитие аддитивных технологий?

- 1. FDM**

2. SLA

3. SLM

Что входит в полный цикл 3D-печати?

1. Проектирование элементов 3D-принтера
2. Печать на 3D-принтере
3. Постобработка
4. Проектирование 3D-модели
5. Слайсинг (разбивка модели на слои)

Напечатанный образец корпуса из PLA-пластика демонстрирует, что в «нормальных условиях» (хранение в офисе) изделие из полилактида за 4 года...

1. не получило видимых повреждений
2. перестало быть герметичным в местах стенок с толщиной менее 0,5 мм
3. незначительно деформировалось

Можно ли на настольном экструзионном 3D-принтере изготовить детали для какого-либо оборудования (достаточна ли прочность напечатанных деталей)?

1. Нет
2. Да

Можно ли с одного компьютера управлять пятью и более настольными 3D-принтерами?

1. Да
2. Скорее всего нет, ограничение связано с числом USB-портов компьютера (обычно не более 4)
3. Нет, максимальное ограничение – 2 принтера

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	<i>основы экономики, учета затрат и оценки эффективности;</i>
	<i>назначение и функции системы управления инженерными данными;</i>
	<i>методы организации и принципы работы среды общих данных информационных моделей;</i>
	<i>технологии информационного моделирования ОКС на различных этапах их жизненного цикла;</i>
	<i>форматы обмена данными между различными программными средствами, в том числе открытые;</i>

	<i>методы принятия управленческих решений.</i>
	<i>отраслевые стандарты информационного моделирования ОКС на различных этапах его жизненного цикла;</i>
	<i>основные понятия, термины и определения в сфере информационного моделирования ОКС;</i>
	<i>состав и структура стандарта применения технологий информационного моделирования ОКС в организации.</i>
Умения	<i>использовать формализованные описания задач и процессов организации, связанных с информационным моделированием ОКС на этапах его жизненного цикла;</i>
	<i>использовать программные средства для управления проектами и процессами организации;</i>
	<i>составлять поэтапный план внедрения и развития новых технологий информационного моделирования ОКС в организации.</i>
	<i>определять типовые процессы для использования технологий информационного моделирования ОКС в организации;</i>
	<i>разрабатывать форму, структуру и содержание стандартов и регламентов использования технологий информационного моделирования ОКС в организации в соответствии с государственными стандартами.</i>
Навыки	<i>инструментами целеполагания при использовании технологий информационного моделирования ОКС в организации;</i>
	<i>инструментами анализа лучших практик информационного моделирования и использования информационной модели на различных этапах жизненного цикла ОКС;</i>
	<i>навыками разработки предложений по повышению эффективности деятельности организации на основе использования технологий информационного моделирования ОКС;</i>
	<i>методами выбора проектов для использования технологий информационного моделирования ОКС;</i>
	<i>навыками планирование использования программного обеспечения организации.</i>
	<i>инструментами поиска и анализа стандартов международного, национального и отраслевого уровня в сфере информационного моделирования ОКС;</i>
	<i>навыками разработки и актуализации стандартов и регламентов применения технологий информационного моделирования в организации.</i>

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание нормативно правовых актов, нормативных технических и руководящих документов, относящиеся к сфере исследований, обследований и	Не знает нормативно правовых актов, нормативных технических и руководящих документов, относящиеся к сфере исследований, обследований и	Плохо некоторые нормативно правовые акты, нормативные технические и руководящие документы, относящиеся к сфере исследований, обследований и	Хорошо знает некоторые нормативных правовых актов, нормативных технических и руководящих документов, относящиеся к сфере исследований,	На высоком уровне знает основные нормативно правовые акты, нормативно технические и руководящие документы, относящиеся к сфере исследований, обследований и испытаний в

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
испытаний в градостроительной деятельности	испытаний в градостроительной деятельности	испытаний в градостроительной деятельности	обследований и испытаний в градостроительной деятельности	градостроительной деятельности
Знание методов, приемов, средств и порядка проведения натурных обследований объектов градостроительной деятельности, установленные требования к таким обследованиям	Не знает методы, приемы, средства и порядок проведения натурных обследований объектов градостроительной деятельности, установленные требования к таким обследованиям	Знает некоторые методы, приемы, средства и порядок проведения натурных обследований объектов градостроительной деятельности, установленные требования к таким обследованиям	Знает основные методы, приемы, средства и порядок проведения натурных обследований объектов градостроительной деятельности, установленные требования к таким обследованиям	На высоком уровне знает методы, приемы, средства и порядок проведения натурных обследований объектов градостроительной деятельности, установленные требования к таким обследованиям
Знать современные средства автоматизации в сфере градостроительной деятельности, включая автоматизированные информационные системы	Не знает современные средства автоматизации в сфере градостроительной деятельности, включая автоматизированные информационные системы	На начальном уровне знает отдельные современные средства автоматизации в сфере градостроительной деятельности, включая автоматизированные информационные системы;	Знает некоторые современные средства автоматизации в сфере градостроительной деятельности, включая автоматизированные информационные системы	Хорошо знает современные средства автоматизации в сфере градостроительной деятельности, включая автоматизированные информационные системы
Знать систему нормирования внешних воздействий в градостроительной деятельности	Не знает систему нормирования внешних воздействий в градостроительной деятельности	Знает отдельные аспекты системы нормирования внешних воздействий в градостроительной деятельности	С незначительными ошибками знает систему нормирования внешних воздействий в градостроительной деятельности	На высоком уровне знает систему нормирования внешних воздействий в градостроительной деятельности
Знание руководящих документов по разработке и оформлению технической документации сферы градостроительной деятельности	Не знает руководящих документов по разработке и оформлению технической документации сферы градостроительной деятельности	Знает отдельные положения некоторых руководящих документов по разработке и оформлению технической документации сферы градостроительной деятельности	Знает некоторые основные руководящие документы по разработке и оформлению технической документации сферы градостроительной деятельности	Знает основные руководящие документы по разработке и оформлению технической документации сферы градостроительной деятельности
Знать методы и практические приемы выполнения экспериментальных и теоретических исследований в сфере градостроительной деятельности для анализа результатов таких работ	Не знает методы и практические приемы выполнения экспериментальных и теоретических исследований в сфере градостроительной деятельности для анализа результатов таких работ	Знает некоторые методы и практические приемы выполнения экспериментальных и теоретических исследований в сфере градостроительной деятельности для анализа результатов таких работ	Знает основные методы и практические приемы выполнения экспериментальных и теоретических исследований в сфере градостроительной деятельности для анализа результатов таких работ	Хорошо знает методы и практические приемы выполнения экспериментальных и теоретических исследований в сфере градостроительной деятельности для анализа результатов таких работ

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной	Не умеет использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов	На начальном уровне умеет использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов	С незначительными ошибками умеет использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности для производства работ по инженерно-техническому проектированию	Без ошибок использует информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов

деятельности;			объектов	
Уметь находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для выбора методики исследования, для проведения или организации натурных обследований объектов градостроительной деятельности	Не умеет находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для выбора методики исследования, для проведения или организации натурных обследований объектов градостроительной деятельности	Умеет находить информацию, но плохо анализирует и исследует информацию, необходимую для выбора методики исследования, для проведения или организации натурных обследований объектов градостроительной деятельности;	На хорошем уровне практически без ошибок находит, анализирует и исследует информацию, необходимую для выбора методики исследования, для проведения или организации натурных обследований объектов градостроительной деятельности	Без ошибок находит, анализирует и исследует информацию, необходимую для выбора методики исследования, для проведения или организации натурных обследований объектов градостроительной деятельности
Уметь находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для выбора методики исследования, для анализа документации по объектам градостроительной деятельности	Не умеет находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для выбора методики исследования, для анализа документации по объектам градостроительной деятельности	Умеет находить информацию, но плохо анализирует и исследует информацию, необходимую для выбора методики исследования, для анализа документации по объектам градостроительной деятельности	На хорошем уровне практически без ошибок находит, анализирует и исследует информацию, необходимую для выбора методики исследования, для анализа документации по объектам градостроительной деятельности	Без ошибок находит, анализирует и исследует информацию, необходимую для выбора методики исследования, для анализа документации по объектам градостроительной деятельности
Уметь моделировать расчетные схемы, действующие нагрузки, иные свойства элементов проектируемого объекта и его взаимодействия с окружающей средой с соблюдением установленных требований для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности	Не умеет моделировать расчетные схемы, действующие нагрузки, иные свойства элементов проектируемого объекта и его взаимодействия с окружающей средой с соблюдением установленных требований для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности	Со значительными ошибками моделирует расчетные схемы, действующие нагрузки, иные свойства элементов проектируемого объекта и его взаимодействия с окружающей средой с соблюдением установленных требований для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности	С незначительными ошибками моделирует расчетные схемы, действующие нагрузки, иные свойства элементов проектируемого объекта и его взаимодействия с окружающей средой с соблюдением установленных требований для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности	Без ошибок моделирует расчетные схемы, действующие нагрузки, иные свойства элементов проектируемого объекта и его взаимодействия с окружающей средой с соблюдением установленных требований для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
Уметь выполнять документирование результатов разработки для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов	Не умеет выполнять документирование результатов разработки для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов	На начальном уровне выполняет документирование результатов разработки для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов	На хорошем уровне умеет выполнять документирование результатов разработки для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов	Без ошибок выполняет документирование результатов разработки для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками работы с технической литературой и нормативной документацией	Не владеет навыками использования нормативной и справочной литературы	Владеет навыком навыками работы с нормативной и технической документацией, но допускает	В полной мере владеет навыком навыками работы с нормативной и технической документацией, но допускает	В полной мере владеет навыками работы с нормативной и технической документацией

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Для проведения лекционных занятий – специализированная лекционная аудитория	Лекционные занятия не предусмотрены
2	Для проведения практических занятий – компьютерный класс	Специализированная мебель, маркерная доска, персональные компьютеры, 3D-принтер FlyingBear Reborn, 3D-принтер Two Trees Sapphire Pro, 3D-принтер Imprinta Hercules G3, строительный 3D-принтер СПЕЦАВИА «АМТ» S-6044 LONG.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Rhinoceros 7, Grasshopper	Сублицензионный договор №26/10/22-1 от 26.10.2022
3	UltiMaker Cura	Свободно распространяемое ПО

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

Основная литература:

1. Гибсон Я. Технологии аддитивного производства : пер. с англ. / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. - Москва: Техносфера, 2016.
2. Крюков А. Ю. Компьютерное моделирование изделий в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие / А. Ю. Крюков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.
3. Ярушин С. Г. Технологические процессы в машиностроении : учебник для бакалавров / С. Г. Ярушин. - Москва: Юрайт, 2011.

Дополнительная литература:

4. Берлинер Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: ФОРУМ, 2011. 3
- 5.
6. Компьютерная графика в САПР : учебное пособие для вузов / А. В.

- Приемышев [и др.]. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2017. 1
7. Лазерные технологии обработки материалов : современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / В. Я. Панченко [и др.]. - Москва: Физматлит, 2009. 1
 8. Справочник технолога / А. Г. Суслов [и др.]. - Москва: Инновационное машиностроение, 2019. 11
 9. Черепяхин А. А. Процессы и операции формообразования : учебник / А. А. Черепяхин, Р. Р. Клепиков. - Москва: КУРС, ИНФРА-М, 2019. 1
 10. Черепяхин А. А. Технологические процессы в машиностроении : учебное пособие для средних профессиональных учебных заведений
 11. / А. А. Черепяхин, В. А. Кузнецов. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2017.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

12. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
13. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/>
14. База данных экономики и права Polpred <http://www.polpred.com/>
15. Бесплатная библиотека документов <http://norm-load.ru/>
16. Электронная библиотека Ассоциации строительных вузов России <http://www.lib.8level.ru/>
17. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru/>
18. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>
19. Научно-техническая библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://ntb.bstu.ru/>