

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор академии



А.В.Колмыков

«27» декабря 2023 г.

Регистрационный № УД-М-379-23.м/уч.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства
сельскохозяйственной продукции**

2023 г.

Учебная программа составлена в соответствии с образовательным стандартом углубленного высшего образования по специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции (ОСВО 7-06-0812-01-2023), а также учебными планами МД-0812-01-6-23у от 27.04.2023, МЗ-0812-01-6-23у от 27.04.2023.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Д. А. МИХЕЕВ, доцент кафедры технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент;

В. И. КОЦУБА, заведующий кафедрой технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

О. В. ГОРДЕЕНКО, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент;

К. Л. ПУЗЕВИЧ, заведующий кафедрой механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

кафедрой технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 5 от 14 декабря 2023 г.);

методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 4 от 26 декабря 2023 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 4 от 27 декабря 2023 г.).

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Одной из важнейших проблем современного машиностроения является вопрос перехода производства на новые виды продукции. Сокращение длительности конструкторской и технологической подготовки производства как этапов жизненного цикла изделия способствует радикальному снижению непроизводительных затрат. Наиболее распространенный путь решения данной проблемы – использование различных систем автоматизации инженерной деятельности.

Однако кроме решения вопросов создания технической документации конструкторско-технологическая подготовка производства требует оперативного изготовления единичных физических моделей изделий, таких, как прототипы для оценки свойств проектируемых объектов, модельная оснастка для процессов литья и др.

Для успешного решения подобных задач в настоящее время все более активно используются аддитивные технологии. Данные технологии основаны на прямом производстве изделий на основе их трехмерных цифровых моделей и не требуют наличия дополнительной технологической оснастки, а основным принципом производства готового изделия является послойное наращивание материала. На основе данных о виртуальных моделях твердых тел можно изготавливать их физические модели за несколько часов, не затрачивая времени на разработку технологий, управляющих программ и др. Цифровой дизайн детали может быть легко изменен в компьютерной программе. После запуска процесса печати принтеры работают автономно и не требуют вмешательства оператора до завершения всей процедуры.

Установки аддитивного производства позволяют изготавливать прототипы и детали сложной геометрии, невозможной при использовании традиционных методов, а также функционально интегрированные изделия.

Учебная дисциплина «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» одна из дисциплин специальной подготовки, формирующих у магистрантов компетентность в решении задач по бесконтактному сканированию деталей, созданию 3D-моделей, подготовке их для 3D-печати, а также постобработке изготовленных 3D-моделей.

Цель учебной дисциплины – формирование у будущих магистров системы знаний, умений и профессиональных компетенций по созданию 3D-моделей и изготовлению их методами аддитивных технологий при проведении научных исследований по созданию новой техники и оборудования.

Задачи учебной дисциплины – формирование у магистрантов прочных знаний теоретических основ и методов аддитивных технологий и основ компьютерного моделирования, а также получение практического опыта компьютерного моделирования и 3D-печати при создании новых образцов машин и оборудования для обеспечения сельскохозяйственных технологий.

Учебная дисциплина «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» в учебном плане для специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции является дисциплиной вузовского компонента.

Освоение учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» базируется на знаниях, полученных при изучении учебной дисциплины общего высшего образования «Системы автоматизированного проектирования. В свою очередь знания, приобретенные при изучении учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии», будут востребованы при изучении таких учебных дисциплин, как «Оптимизация параметров и режимов работы сельскохозяйственных машин в растениеводстве», «Оптимизация параметров и режимов работы машин и оборудования в животноводстве», а также при подготовке магистерской диссертации.

Изучение учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» обеспечит формирование у магистрантов компетенции СК-8 – Применять методы математического моделирования технических систем, использовать аддитивные технологии при проектировании деталей машин и изготовлении изделий по данным цифровой модели (или САД-модели) методом послойного добавления материала для решения научно-исследовательских и инновационных задач.

В результате изучения учебной дисциплины магистранты должны быть способными создавать компьютерные модели машин и их рабочих органов, определять их оптимальные значения на стадии проектирования, а также выполнять 3D-печать разработанных моделей.

В результате изучения учебной дисциплины студенты должны **знать** методы создания и изготовления 3D-моделей, **уметь** разрабатывать 3D-модели в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D», **владеть** методикой подготовки созданных цифровых 3D-моделей для 3D-печати, а также печати и постобработки полимерных 3D-моделей.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» магистрант должен не только приобрести теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

На изучение учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» согласно учебному плану по специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции для дневной формы обучения отводится всего 120 часов (трудоемкость изучаемой дисциплины составляет 3 зачетные единицы), в том числе 46 часов аудиторных, из них лекции – 16 часов, практические занятия – 30 часов. На самостоятельную работу отводится 74 часа. Учебная дисциплина пре-

подается во 2-м семестре. Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

На изучение учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» согласно учебному плану по специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции для заочной формы обучения отводится всего 120 часов (трудоемкость изучаемой дисциплины составляет 3 зачетные единицы), в том числе 12 часов аудиторных, из них лекции – 4 часа, практические занятия – 8 часов. На самостоятельную работу отводится 108 часов. Учебная дисциплина преподается на 1-м курсе. Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Аддитивные технологии. Общие принципы и понятия

Состояние и задачи моделирования технологических процессов. Основные понятия и принципы моделирования. Этапы моделирования. Моделирование как основа совершенствования технологических процессов. Базовые принципы, инженерно-технологические особенности и предпосылки создания аддитивных технологий. Основная терминология и стандарты в области аддитивных технологий. Технологические возможности и эффективность аддитивных технологий. Техничко-экономические аспекты эффективности и направления развития аддитивных технологий.

2. Основы процесса компьютерного моделирования в системах автоматизированного проектирования

Особенности и преимущества компьютерного моделирования. Методология компьютерного моделирования. Программные комплексы для исследования (моделирования) информационных моделей. Компьютерная графика и ее использование при разработке технологических процессов и рабочих органов машин. Модели динамических систем.

3. Создание цифровых 3D-моделей в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D»

Знакомство с возможностями САПР «Компас-3D», создание трехмерных моделей в документе «Деталь». Использование библиотек стандартных изделий при создании трехмерных моделей. Построение сборки. Параметризация и редактирование моделей.

4. Подготовка созданных цифровых 3D-моделей для 3D-печати

Сохранение созданных цифровых моделей в формате STL с указанием необходимых параметров. Знакомство с софтом 3D-принтеров. Подготовка моделей для 3D-печати в совместимых программах с 3D-принтерами.

5. FDM-печать, принципы, характеристики, особенности процессов термоэкструдерной печати

Принципы, характеристики, особенности процессов термоэкструдерной печати. Применяемые материалы. Общее устройство и принцип работы 3D-принтеров «Ultimaker», «Flash-forge Finder», «Creatbot». Настройки печати на 3D-принтере, особенности построения, типовые ошибки при печати.

6. Стереолитография (SLA), принципы фотополимерной печати

Фотополимерная печать. Применяемые материалы. Общее устройство и принцип работы 3D-принтера «Formlabs». Настройки печати, особенности построения, типовые ошибки при печати.

7. Технологии оптического 3D-сканирования. Бесконтактное сканирование лазерным 3D-сканером

Общее устройство и принцип работы 3D-сканера «Einscan Pro». Настройки сканера и режимы его работы. Особенности сканирования прозрачных моделей. Обработка отсканированных 3D-моделей с помощью 3D-редакторов.

8. Постобработка полимерных 3D-моделей

Постобработка 3D-моделей, изготовленных по FDM-технологии и SLA-технологии. Общие принципы. Работа и характеристики основного технологического оборудования.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма получения высшего образования: *дневная*

№ п/п	Название разделов, тем	Всего аудиторных	Количество аудиторных часов			Количество часов СР	Формы контроля знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1	Аддитивные технологии. Общие принципы и понятия.	2	2	–	–	4	Устн. опрос
2	Основы процесса компьютерного моделирования в системах автоматизированного проектирования	4	2	2	–	4	Сдача работ
3	Создание цифровых 3D-моделей в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D»	8	2	6	–	12	Сдача работ
4	Подготовка созданных цифровых 3D-моделей для 3D-печати	6	2	4	–	12	Сдача работ
5	FDM-печать, принципы, характеристики, особенности процессов термозэкструдерной печати	8	2	6	–	12	Сдача работ
6	Стериолитография (SLA), принципы фотополимерной печати	6	2	4	–	12	Сдача работ
7	Технологии оптического 3D-сканирования. Бесконтактное сканирование лазерным 3D-сканером	8	2	6	–	12	Сдача работ
8	Постобработка полимерных 3D-моделей	4	2	2	–	6	Сдача работ
	Итого	46	16	30	–	74	Экзамен

Форма получения высшего образования: заочная

№ п/п	Название разделов, тем	Всего аудиторных	Количество аудиторных часов			Количество часов СР	Формы контроля знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1	Аддитивные технологии. Общие принципы и понятия	–	–	–	–	4	Устн. опрос
2	Основы процесса компьютерного моделирования в системах автоматизированного проектирования	–	–	–	–	4	Устн. опрос
3	Создание цифровых 3D-моделей в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D»	6	2	4	–	22	Устн. опрос
4	Подготовка созданных цифровых 3D-моделей для 3D-печати	–	–	–	–	20	Устн. опрос
5	FDM-печать, принципы, характеристики, особенности процессов термоэкструдерной печати	6	2	4	–	20	Сдача работ
6	Стериолитография (SLA), принципы фотополимерной печати	–	–	–	–	16	Устн. опрос
7	Технологии оптического 3D-сканирования. Бесконтактное сканирование лазерным 3D-сканером	–	–	–	–	16	Устн. опрос
8	Постобработка полимерных 3D-моделей	–	–	–	–	6	Сдача работ
	Итого	12	4	8	–	108	Зачет

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Перечень практических занятий

1. Основы компьютерного моделирования в системах автоматизированного проектирования.
2. Создание цифровых 3D-моделей в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D».
3. Подготовка созданных цифровых 3D-моделей для 3D-печати.
4. Изготовление 3D-моделей методом термоэкструдерной (FDM) печати.
5. Изготовление 3D-моделей методом фотополимерной (SLA) печати.
6. Применение технологии бесконтактного оптического 3D-сканирования при создании 3D-моделей.
7. Постобработка полимерных 3D-моделей, изготовленных по FDM-технологии и SLA-технологии.

4.2. Рекомендуемые формы и методы обучения

Изучение учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии» предполагает посещение лекций, практических занятий и самостоятельную работу магистрантов.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения учебной дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, практических занятиях и при самостоятельной работе;
- учебно-исследовательская деятельность, реализация творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- проектные технологии, используемые при выполнении конкретных заданий на практических занятиях и при самостоятельной работе.

4.3. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы

Объем самостоятельной работы магистрантов по учебной дисциплине должен соответствовать реальному бюджету времени обучающегося, выделяемого на данный вид работы.

Самостоятельная работа может быть организована как самообразование вне аудитории в удобное для магистранта время или как контролируемая преподавателем работа, при этом преподаватель оказывает методическую помощь, проводит индивидуальные консультации.

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться для изучения основной и дополнительной литературы; выполнения расчетов; решения задач; выполнения исследовательских и творческих заданий; подготовку сообщений, тематических докладов, рефератов, презентаций; составления обзо-

ра научной (научно-технической) литературы по заданной теме; составления тестов. Контроль качества самостоятельной работы осуществляется в рамках контрольных мероприятий по учебной дисциплине.

Для эффективной организации самостоятельной работы необходимо наличие учебной, справочной, методической литературы и ее перечня; учебно-методического комплекса, в том числе электронного, наглядных пособий, мультимедийных, видеоматериалов, заданий, тестов.

4.4. Перечень рекомендуемых средств диагностики

Диагностирование знаний и компетенций магистранта (контроль знаний) осуществляется следующим образом. При выполнении практических работ магистранты защищают каждую работу.

Формой контроля изучения теоретического курса является экзамен, а для текущего контроля процесса изучения расчетного курса и стимулирования равномерной работы в течение семестра выполняется устный опрос.

4.5. Критерии оценок результатов учебной деятельности

Учебная деятельность оценивается по десятибалльной шкале с использованием следующих критериев:

10 баллов – систематизированные, глубокие и полные ответы по всем вопросам, логически верное изложение ответов, даются исчерпывающие пояснения, приводятся сведения сверх программного материала или делаются оригинальные обобщения;

9 баллов – систематизированные, глубокие, правильные и полные ответы по всем вопросам, логически верное изложение ответов, даются исчерпывающие пояснения;

8 баллов – систематизированные правильные и полные ответы на все вопросы, могут присутствовать несущественные неточности, даются правильные, но недостаточно полные и точные пояснения;

7 баллов – систематизированные, принципиально правильные, но недостаточно полные ответы на все вопросы, пояснения ответов правильные но неглубокие, имеются незначительные ошибки;

6 баллов – систематизированные, но неполные ответы на вопросы, изложение ответов неглубокое, имеются незначительные ошибки;

5 баллов – не систематизированные и неполные ответы, содержащие ошибки, пояснения неполные;

4 балла – неполные ответы по всем вопросам варианта, пояснения отсутствуют или даны с ошибками;

3 балла – неполные и неточные ответы без пояснений и с ошибками в пояснениях;

2 балла – неполные и неточные ответы без пояснений и с существенными ошибками;

1 балл – попытка дать ответ, из которой следует, что отвечающий знает, на вопросы какой дисциплины он отвечает;

0 баллов – нет ответов на поставленные вопросы варианта.

4.6. Литература

Основная

1. Кондаков, А. И. САПР технологических процессов: учебник / А. И. Кондаков. – Москва: Академия, 2007. – 268 с.

2. Дементьев, Ю. В. САПР в автомобиле- и тракторостроении: учебник / Ю. В. Дементьев, Ю. С. Щетинин; ред. В. М. Шарипов. – Москва: Академия, 2004. – 218 с.

3. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: учебн. пособие / Ю. Ю. Тарасевич. – 3-е изд., испр. – Москва: Едиториал УРСС, 2003. – 144 с.

Дополнительная

1. Голоднов, А. И. Технологии и оборудование аддитивного производства: учеб. пособие / А. И. Голоднов, С. Н. Злыгостев, И. Е. Фурман. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. – 128 с.

2. Беляев, Л. В. Аддитивные технологии: практикум / Л. В. Беляев, А. В. Жданов. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2022. – 88 с.

3. Аддитивные технологии в производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н. К. Толочко, С. О. Нукешев, Н. Н. Романюк, С. И. Мендалиева. – Нур-Султан: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2022. – 184 с.

4. Ланин, В. Л. Аддитивные технологии инновационного производства. Лабораторный практикум: пособие / В. Л. Ланин, И. В. Самуйлов. – Минск: БГУИР, 2021. – 76 с.

5. Антонова, В. С. Аддитивные технологии: учеб. пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. – 30 с.

6. Валетов, В. А. Аддитивные технологии (состояние перспективы): учеб. пособие / В. А. Валетов. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.