

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик

(подпись)

\_\_\_\_\_ 01.07. 2021

(дата утверждения)

Регистрационный № УД –33– 105 /уч.

## **МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПРОТОТИПИРОВАНИЯ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО: 1-36 01 05-2019, и учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов» I 36-1-03/уч. 06.02.2019, I 36-1-14/уч. 06.02.2019, I 36-1-06/уч. 05.02.2020.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

И.Б. Одарченко, к.т.н., доцент кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Б.М. Немененок — заведующий кафедрой «Металлургия черных и цветных металлов» учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», доктор технических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 12.05.2021);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 27.05.2021);

УД 138-18/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 6 от 30.06.2021).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью изучения дисциплины является обучение студентов работе по применению современных технологий быстрого прототипирования и изготовления 3D-объектов, а также получение глубоких знаний о материалах, методах, оборудовании и технологиях создания масштабных и точных прототипов трёхмерных геометрических цифровых моделей.

Основные задачи учебной дисциплины:

- ознакомить студентов со способами и методами быстрого прототипирования;
- аддитивными технологиями и материалами, применяемыми для трёхмерной печати;
- досконально изучить номенклатуру специализированных программных продуктов, которые могут использоваться в замкнутом цикле цифрового производства.

В основе применения технологии трёхмерного моделирования лежит решение таких задач, важных для любого производства, как проектирование модели объекта с высокой точностью и контроль качества изделия. При этом уникальность технологии трёхмерного сканирования позволяет применять новые принципы, как для моделирования, так и для контроля. Для качественного использования моделей, которые получаются с помощью трёхмерного сканирования, как в аддитивном производстве, так и в любом другом, необходимо знать и понимать, как работает соответствующее программное обеспечение.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких курсов, как «Математика», «Физика», «Химия», «Информатика» (дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Механика материалов», «Материаловедение». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин.

В результате изучения учебной дисциплины «Методы и технологии 3D прототипирования» студент должен

**знать:**

- методы проектирования технологических процессов 3D прототипирования и технологической оснастки с применением современных инновационных разработок в области компьютерного моделирования и проектирования;
- теоретические основы конструирования деталей для быстрого прототипирования, методы расчета систем, физико-химические процессы производства изделий методами, основанными на способах трёхмерной печати и числовом программном управлении;
- методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации.

**уметь:**

- выбирать оптимальные способы и маршруты проектирования деталей методами быстрого прототипирования и трёхмерной печати;
- осуществлять обмен информацией между компьютерными системами и оборудованием для реализации технологий объёмной печати и вспомогательных процессов аддитивного производства;
- выполнять подготовку геометрических моделей для печати и анализа в системах инженерной графики и анализа.

**владеть:**

- основными приёмами обработки данных и моделей в технологиях прототипирования и изготовления деталей;
- навыками идентификации изделий, подходящих для качественной реализации трёхмерных технологий;
- методиками определения механических свойств материалов и изделий, полученных с применением методов и технологий 3D прототипирования.

Изучение дисциплины должно обеспечить у студента формирование следующей специализированной компетенции:

Знать основы применения аддитивных технологий в машиностроении, методы и технологии аддитивного синтеза изделий, методики создания физических объектов на основе цифровых 3D-моделей, основные виды трехмерного прототипирования.

При изучении дисциплины совершенствуется ряд профессиональных компетенций:

- организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей;
- взаимодействовать со специалистами смежных профилей;
- анализировать и оценивать собранные данные;
- готовить доклады, материалы к презентациям;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- владеть современными средствами телекоммуникаций.

Форма получения высшего образования: дневная

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Методы и технологии 3D-прототипирования» в соответствии с учебными планами по специальности: - 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов» всего 110 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах – 3.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

	Дневная форма
Курс	4
Семестр	7
Лекции (час)	34
Лабораторные занятия (час)	-
Практические занятия (час)	17
Всего аудиторных часов (час)	51

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

	Дневная форма
Зачет, семестр	7
Экзамен, семестр	-
Курсовой проект, семестр	-

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Раздел 1. Основы методов и технологий 3D-прототипирования**

Тема 1.1. Терминология и классификация. Технологическое и организационное производство появления технологий быстрого прототипирования. Характеристика современного производственно-технологического рынка быстрого прототипирования.

Тема 1.2. Типовой процесс быстрого прототипирования. Классификация систем автоматизированного проектирования (САПР). Понятие быстрого прототипирования. Принципы формообразования изделий. Быстрое прототипирование и аддитивное производство. Назначение изделия быстрого прототипирования. Основные термины, используемые для обозначения быстрого прототипирования.

Тема 1.3. Подготовка быстрого прототипирования. Подготовка CAD-модели. Спецификация интерфейса STL. Генерация STL данных. Обработка STL данных. Избыточность данных. Топологические проблемы. Геометрические проблемы. Ориентация детали и генерация поддерживающих структур. Факторы, влияющие на ориентацию детали. Функции поддержки детали. Конструкции поддерживающих структур. Разрезка модели на слои и организация контуров сечений. Разрезка с одинаковой толщиной слоя. Адаптивная разрезка модели. Генерация траектории движения инструмента

### **Раздел 2. Процессы и технологии быстрого прототипирования.**

Тема 2.1. Процессы быстрого прототипирования на основе жидких материалов. Процесс стереолитографии. Быстрое прототипирование, основанное на использовании маски. Процессы, основанные на впрыске жидкого материала. Процесс на основе быстрой заморозки. Процесс на основе тепловой полимеризации жидкости. Процесс на основе интерференции лазерных лучей. Процесс на основе голографической интерференции. Процесс на основе использования электрочувствительной жидкости (электроосаждение)

Тема 2.2. Быстрое прототипирование, основанное на использовании расплавов. Баллистическое осаждение частиц. Моделирование методом наплавления. Производство наращиванием формы. Трёхмерная сварка.

Тема 2.3. Процессы на основе использования порошковых материалов. Селективное лазерное спекание. Осаждение из газовой фазы (Gas Phase Deposition). Объединение порошка связующим материалом. Процесс лазерного формообразования. Отверждение многофазной струи. Электронно-лучевая плавка.

Тема 2.4. Быстрое прототипирование на основе сплошных материалов. Изготовление объектов с использованием ламинирования. Селективно-наращиваемое наслоение. Процесс ультразвукового объединения. Автоматизированное производство ламинированных конструкционных

материалов.

Тема 2.5. Материалы быстрого прототипирования. Фотополимерные материалы. Порошкообразные пластики. Металлы. Термопластичные материалы.

### **Раздел 3. Производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления**

Тема 3.1. Быстрое прототипирование и литейное производство. Получение качественных моделей и форм для литейной промышленности. Использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ) при получении моделей и форм для литейной промышленности. Использование технологий объемной печати (3D-печать) для получения моделей и форм для литейной промышленности. Репликация мастер-моделей для литья по выплавляемым моделям.

Тема 3.2. Быстрое прототипирование и порошковая металлургия. Компьютерная томография для измерений и неразрушающего контроля литых и металлопорошковых изделий. Материалы для «металлических» АМ-машин. Методы получения металлических порошков. Методы получения нанокристаллических материалов. Производители атомайзеров и поставщики металлопорошковых композиций для использования в АМ-машинах.

Тема 3.3. Современные технологии контроля изделий. Компьютер для томографии в задачах анализа и контроля изделий. Использование оптических сенсоров для двумерного анализа изделий. Использование оптоволоконных инструментов в координатноизмерительных машинах. Трехмерное сканирование в быстром производстве изделий. Линейное трехмерное сканирование. Трехмерное сканирование на основе фотограмметрии. Интерференционное проецирование в трехмерном сканировании.

Тема 3.4. Обратный инжиниринг. Основы обратного проектирования и конструирования. САПР для обратного инжиниринга. Примеры систем для реконструирования. Точность реконструирования.

Тема 3.5. Перспективы развития технологий 3D-прототипирования. Аппаратная часть и прогресс в развитии техники. Перспективные материалы и нанотехнологии. Программные продукты для моделирования жизненного цикла изделий цикла 3D-прототипирования.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела и темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия	Семинарские занятия	лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	<i>Основы методов и технологий 3D-прототипирования.</i>							
1.1	Терминология и классификация.	2	2					3, О, ЗПР
1.2	Типовой процесс быстрого прототипирования.	2						3
1.3	Подготовка быстрого прототипирования.	2						3
2.	<i>Процессы и технологии быстрого прототипирования.</i>							
2.1	Процессы быстрого прототипирования на основе жидких материалов.	2						3
2.2	Быстрое прототипирование, основанное на использовании расплавов.	2	2					3, О, ЗПР
2.3	Процессы на основе использования порошковых материалов.	2						3
2.4	Быстрое прототипирование на основе сплошных материалов.	2						3
2.5	Материалы для быстрого прототипирования.	2	2					3, О,ЗПР
3.	<i>Производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления</i>							

1		2	3	4	5	6	7	8
3.1	Быстрое прототипирование и литейное производство.	4	5					3, О,ЗПР
3.2	Быстрое прототипирование и порошковая металлургия.	4	2					3, О,ЗПР
3.3	Современные технологии контроля изделий.	4	2					3, О,ЗПР
3.4	Обратный инжиниринг.	2	2					3, О,ЗПР
3.5	Перспективы развития технологий 3D-прототипирования.	4						3
ВСЕГО		34	17					

3 - зачёт; О — отчет; ЗПР - защита практической работы.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Выбор и применение материалов: учебное пособие. В 5 т. / С. А. Свидунович [и др.]; под ред. С. А. Свидуновича. - Минск: Беларуская навука, 2020. - 615, [1] с.
2. Клименков, С. С. Инновационные технологии в машиностроении: учебное пособие / С. С. Клименков, В. В. Рубаник; Национальная академия наук Беларуси, Институт технической акустики, Витебский государственный технологический университет. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 406 с.: схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=685866> (дата обращения: 20.06.2022). – ISBN 978-985-08-2760-9
3. Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства: учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481769> (дата обращения: 20.06.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7410-1696-1

## Дополнительная литература

1. Безукладников, И. И. Нейро-нечеткое управление процессом подачи проволочного материала в аддитивных технологиях семейства FDM / И. И. Безукладников, Ю. Н. Хижняков, А. А. Южаков // Электротехника. - 2017. — № 11. — С. 3—6.
2. Влияние отжига на структуру и свойства титанового сплава медицинского назначения с ячеистой структурой / С. И. Степанов [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 5. — С. 42—48.
3. Влияние химического состава порошкового сырья на прочность материала после селективного лазерного плавления / Б. К. Барахтин [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 6. — С. 48—52.
4. Гайсин, Ал. Ф. Электролитно-плазменная обработка поверхности детали, изготовленной с применением аддитивной технологии / Ал. Ф. Гайсин, А. Х. Гильмутдинов, Д. Н. Мирханов // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 2. — С. 69—74.
5. Грунтович, Н. В. Влияние внешних и внутренних факторов на формирование удельных и общих расходов электроэнергии в системах городского водоотведения Республики Беларусь / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Энергия и Менеджмент. - 2016. — № 3. — С. 24—30.
6. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве / М. А. Зленко, П. В. Забеднов // Металлургия машиностроения. - 2013. — № 3. — С. 43—47.

7. Михайловская, С. В. На пороге четвертой промышленной / Снежана Михайловская // Беларуская думка. - 2018. — № 2. — С. 56—62.

8. Михайловская, С. В. Начало большого пути / Снежана Михайловская // Экономика Беларуси. - 2018. — № 1. — С. 72—77.

9. Прямое изготовление металлических деталей с применением LOM-технологии / Н. К. Толочко [и др.] // Литье и металлургия. - 2018. — № 1. — С. 137—143.

10. Ультразвуковые способы повышения качества поверхности изделий, полученных методом селективного лазерного сплавления порошков коррозионно-стойких сталей / В. А. Александров [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 6. — С. 42—47.

11. Чижик, С. А. Перспективы развития технологических комплексов аддитивного синтеза композиционных материалов и формообразования изделий / С. А. Чижик, М. Л. Хейфец, С. А. Филатов // Механика машин, механизмов и материалов. - 2014. — № 4. — С. 68—74.

#### Учебно-методические материалы

1. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Машины и технология литейного производства". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. - 120 с. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1680>

2. Основы инновационного проектирования технологических процессов [Электронный ресурс]: пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной формы обучения / составитель В. А. Жаранов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и технологии обработки материалов". - Гомель: ГГТУ, 2018. - 184 с. Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/19071>

3. САПР технологических процессов, оснастки и оборудования. САПР металлургического производства: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальностей 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" и 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка" дневной и заочной форм обучения / А. В. Ткаченко, В. А. Жаранов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ, 2011. - 125 с.

### Электронные учебно-методические комплексы

1. Жаранов, В. А. Основы компьютерного проектирования: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов, А. В. Ткаченко. - Гомель: ГГТУ, 2011. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1954>

2. Жаранов, В. А. Технология металлургического производства: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2054>

### Примерный перечень тем практических занятий

1. Импорт и подготовка 3D моделей для процессов быстрого прототипирования.

2. Использование автоматических структурных анализаторов для контроля структуры сплавов.

3. Изучение свойств и характеристик основных материалов, применяемых для трёхмерной печати.

4. Применение технологий трёхмерного проектирования для изготовления технологической оснастки литейного производства.

5. Изучение процессов спекания материалов. Моделирование процесса теплопередачи в слое в процессе спекания неоднородных материалов.

6. Изучение возможностей программных продуктов для моделирования процессов быстрого прототипирования.

7. Восстановление геометрии моделей методами оптического распознавания и лазерного сканирования деталей.

### Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

- Организация самостоятельной работы студентов в вузе [Электронный ресурс]: методические указания для преподавателей и студентов всех специальностей дневной формы обучения / М. М. Рыженко, И. Н. Степанкин, В. М. Кенько; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Материаловедение в машиностроении". - Гомель: ГГТУ, 2009 - 58 с. УДК 378.147(075.8) ББК 74.580.26я73

- Положение об управляемой самостоятельной работе студентов № 3 от 05.03.2020

### Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Оценка промежуточных учебных навыков студентов осуществляется по результатам достижения поставленных целей на практических работах.

Для контроля качества усвоения знаний и оценки уровня знаний и умений студентов рекомендуется использовать следующие диагностические средства:

- 1) зачет;

- 2) отчеты по практике с их устной защитой;
- 3) контрольные опросы.

Форма контроля знаний при проведении межсессионной аттестации - защита практических работ.

Первая межсессионная аттестация проводится по результатам контрольного опроса и защиты практических работ.

Вторая межсессионная аттестация проводится по результатам контрольного опроса и защиты практических работ.

#### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий;
- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуального задания с консультациями у преподавателя;
- подготовка к сдаче зачета.

Преподаватель должен стимулировать и поощрять самостоятельную работу студентов, привлекать студентов к решению прикладных задач в рамках НИРС, к исследовательской работе на ведущей и выпускающей кафедрах.

При изучении дисциплины рекомендуется не все вопросы программы выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения рекомендуется включать в перечень вопросов к зачету.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

#### Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

В соответствии с п.17 Положения «О текущей аттестации» от 11.11.2013 № 29 студенты допускаются к сдаче зачета по учебной дисциплине при условии выполнения ими всех видов занятий, предусмотренных учебным планом и настоящей учебной программой.

#### Характеристика рекомендуемых методов и технологии обучения

Рекомендуемыми методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, «мозговой штурм» и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления.
2. Быстрое прототипирование и литейное производство.
3. Получение качественных моделей и форм для литейного производства.
4. Использование станков с ЧПУ при получении моделей и форм для литейного производства.
5. Использование технологий объёмной печати (3D-печати) для получения моделей и форм для литейного производства.
6. Тиражирование мастер-моделей для литья по выплавляемым моделям.
7. Быстрое прототипирование и порошковая металлургия.
8. Компьютерная томография для измерения и неразрушающего контроля литых и металлопорошковых изделий.
9. Способы получения металлических порошков.
10. Методы получения нанокристаллических материалов.
11. Производители распылителей и поставщики металлопорошковых композиций.
12. Современные технологии контроля продукции.
13. Использование оптических датчиков для двумерного анализа продуктов.
14. Использование оптоволоконных инструментов в координатно-измерительных машинах.
15. Трёхмерное сканирование при быстром производстве продукции.
16. Линейное 3D-сканирование.
17. 3D-сканирование на основе фотограмметрии.
18. Интерференционная проекция в трёхмерном сканировании
19. Обратный инжиниринг.
20. Основы реверс-инжиниринга и дизайна.
21. САПР для реверс-инжиниринга.
22. Примеры систем для реконструкции. Точность реконструкции.
23. Перспективы развития технологий 3D-прототипирования.
24. Аппаратное обеспечение и прогресс в развитии технологий.
25. Перспективные материалы и нанотехнологии. Программные продукты для моделирования жизненного цикла продуктов 3D-прототипирования.
26. Истоки появления быстрого прототипирования.

27. Характеристика рынка АF техники.
28. Машины и оборудование для печати металлических изделий.
29. Аддитивные технологии и быстрое прототипирование.
30. Классификация систем и методов автоматизированного проектирования.
31. Концепция современного быстрого прототипирования.
32. Принципы формирования изделий.
33. Быстрое изготовление прототипов и масштабных моделей.
34. Назначение основных изделий быстрого прототипирования.
35. Типичный процесс быстрого прототипирования.
36. Основные термины, используемые для обозначения быстрого прототипирования.
37. Подготовка продукции быстрого прототипирования.
38. Подготовка модели САПР.
39. Спецификация интерфейса STL.
40. Генерация данных STL.
41. Обработка данных STL.
42. Конструкции несущих конструкций.
43. Разрезание модели на слои и организация контуров сечений.
44. Процессы и технологии быстрого прототипирования.
45. Процессы быстрого прототипирования на основе жидких материалов.
46. Процесс стереолитографии.
47. Процессы, основанные на впрыскивании жидкого материала.
48. Процессы, основанные на быстром замораживании.
49. Процессы, основанные на термической полимеризации жидкости.
50. Процессы, основанные на интерференции лазерных лучей.
51. Процессы, основанные на использовании электрочувствительной жидкости (электроосаждение)
52. Быстрое прототипирование, основанное на использовании расплавов.
53. Трехмерная сварка.
54. Процессы, основанные на использовании порошковых материалов.
55. Селективное лазерное спекание.
56. Газофазное осаждение.
57. Объединение порошкового связующего.
58. Процесс лазерной обработки.
59. Многофазное струйное отверждение.
60. Электронно-лучевая плавка.
61. Изготовление объектов с использованием ламинирования.
62. Процесс ультразвуковой интеграции.
63. Автоматизированное производство ламинированных материалов.
64. Материалы для быстрого прототипирования.
65. Фотополимерные материалы.
66. Порошковый пластик.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Технология получения и обработки полимерных и композиционных материалов	МиТОМ	Нет Ю.Л. Бобарикин	

## О Б Р А З Е Ц

### РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу по дисциплине «Методы и технологии 3D прототипирования» .....

Программа определяет и регламентирует структуру, содержание и объем одной из важных дисциплин специальности и отражает цели и задачи программ нового поколения.

Содержание тематического плана курса «Методы и технологии 3D прототипирования / 3D - моделирование инженерных конструкций» включает наиболее значимые разделы математического моделирования технологических процессов литейного производства, отличается четкой последовательностью изложения, отражает как общие фундаментальные вопросы, так и прикладные, конкретные производственные аспекты.

В программе рассмотрены производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления подготовки аддитивного производства, процессы и технологии аддитивного производства, подготовка, импорт, корректировка моделей в трёхмерных технологиях литья.

Программа составлена с учетом реальных требований к современному литейному производству, эффективности и качеству производственных процессов. В программе предложено достаточно полное информационно-методическое обеспечение, которое может быть успешно использовано как при аудиторной, так и при самостоятельной работе студентов. Данная учебная программа является хорошей основой для разработки дополнительных учебных пособий по одноименному курсу.

Также представленные материалы могут быть полезны при составлении профильных программ обучения студентов специальности «Проектирование на основе трёхмерных технологий».

Рецензент

---

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу по дисциплине «Методы и технологии 3D прототипирования / 3D - моделирование инженерных конструкций» для студентов дневного отделения специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»

Курс 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» является важным элементом программы обучения студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

Учебная программа «Методы и технологии 3D прототипирования / 3D - моделирование инженерных конструкций» подготовлена в соответствии со следующими нормативными документами: образовательный стандарт высшего образования первой степени специальности 1-36 02 01; типовой учебный план специальности 1-36 02 01.

В программе предложено достаточно полное информационно-методическое обеспечение, которое может быть успешно использовано как при аудиторной, так и при самостоятельной работе студентов. Приведен список основной и дополнительной литературы, которой необходимо пользоваться при изучении курса. Содержание учебной программы соответствует государственному стандарту и учебному плану специальности.

Рассмотрены основные принципы и этапы аддитивного производства прототипов и функциональных образцов промышленных изделий различного назначения, и освещены вопросы, связанные с подготовкой аддитивного производства. Приведены подробные сведения о различных видах аддитивных процессов и технологий, распространенных в настоящее время во множестве отраслей промышленности. Дана краткая сводка характеристик наиболее популярных типов конструкционных материалов применяемых для аддитивного про

Учебная программа структурирована и логически обоснована. Она определяет структуру, содержание и последовательность изучения дисциплины. Программа ориентирует на освоение наиболее важных дисциплин специальности, отличается достаточно четкой последовательностью изложения, отражает как общие фундаментальные вопросы, так и прикладные, конкретные производственные аспекты.

В программе определены также характеристики рекомендуемых методов и технологий обучения, диагностики компетенции студента и организации его самостоятельной работы. Программа ориентирует преподавателя, ведущего данную дисциплину, на подготовку и изложение современных технологий и

методов в области трехмерного проектирования в литейном производстве.

В программе предложено достаточно полное информационно-методическое обеспечение, которое может быть успешно использовано как при аудиторной, так и при самостоятельной работе студентов. Приведен список основной и дополнительной литературы, которой необходимо пользоваться при изучении курса. Содержание учебной программы соответствует государственному стандарту и учебному плану специальности.

Рецензируемая программа охватывает вопросы, необходимые для изучения прикладных дисциплин будущими инженерами литейного профиля. Вопросы и темы, в представленной программе также в значительной степени касаются и соответствуют по уровню программам магистратуры.

Рецензент  
главный металлург  
ОАО  
Бардюгов Николай Николаевич

«СтанкоГомель»